

Walkingと健康関連フィットネス

～文献研究～

小 林 義 雄
細 井 輝 男
竹 内 敏 子

序

1 Walking の健康科学

Walking のエネルギー消費量

健康・体力づくりの walking

健康を高めるトレーニングのガイドライン

効果が得られる walking ペース

適度 (moderate) な運動と walking

ただ歩くことで効果が得られるか?

小分けの walking

Hand weighted walking

2 Walking とエアロビックフィットネス

エアロビックパワー

身体組成

3 Walking と骨の健康

運動習慣と骨量 (骨密度)

Walking と骨の強化

転倒予防としての役割

4 Walking と循環器の健康

Walking と虚血性心疾患

Morris 研究

アメリカの代表的疫学研究

北欧の研究

高齢者の walking

5 Walking と冠危険因子

Walking と高脂血症の改善

Walking と高血圧症の改善

高血圧の動向

運動の降圧効果に関する疫学的研究。

Walking は血圧コントロールに十分な運動となるか？

高齢者の血圧コントロール。

Walking と糖尿病の予防・改善

運動の NIDDM 予防効果。

NIDDM の運動療法と運動処方。

高齢者の NIDDM と運動。

6 Walking vs Jogging

序

近年、健康づくり運動として walking が注目されるようになってきた。その背景には、アメリカを中心として walking の医学的、生理学的効果に関する研究の発展があると言われている。Walking の健康への応用は 1920 年代初期にさかのぼり、アメリカの心臓病学の父と言われる Paul Dudley White 博士は心臓病患者の治療に、それまでの伝統的なベッドの上での安静治療から walking を取り入れた運動治療と入れ替えた。1940 年代後半に、機械化、車社会による座業的ライフスタイルのもたらす心臓病の増加に対して種々の研究機関がその対策にのりだしたのだが、なかでも約 10000 人を対象にした、マサチューセッツ州フラミングハムの町で始まった Framingham Study は 1950 年代にすでに心臓病発症のリスクファクターの一つに不活動なライフスタイルを指摘し、その予防に日常 walking を推奨した。

イギリス社会においても増加する心臓病対策は深刻に検討され、ロンドンのバス運転手と車掌や、郵便局員と配達員を対象にした疫学調査で、walking の心臓疾患に対する予防効果を 1950 年代前半に指摘している。つまり、座ったままの運転手より二階建てのバス (double-decker bus) の車内で歩く機会のある車掌に、また局内勤務者より歩いて郵便を配達する者に心臓疾患の発症および死亡率が著しく低いことが明らかにされたのである。

余暇時の身体活動と心臓疾患のリスクとの関係について、1916 ～ 1950

年に卒業したハーバード大学とペンシルバニア大学卒業生を対象に長期の疫学研究が行われた (Harvard Alumni Study)。そして 1986 年に生涯にわたって身体的に活動的であった者の心臓病発症は著しく低いという中間報告がなされている。その調査における運動についての質問は次のようである；

Do you walk five city blocks (約 4 km) per day?

Do you climb five flights of stairs a day?

Do you engage in a half-hour of vigorous daily sports play?

この Harvard 研究の画期的な価値は、道路を歩いたり階段を昇ったりというごくシンプルな活動である walking を日常生活にとり入れることが健康と長寿に大いに貢献する要因であるということが指摘されたことである。統計的に、週に合計 2000 kcal かそれ以上のエネルギー消費に相当する運動実践者群は 500 kcal 以下の実践者群に比べて有意に心臓疾患の発症率も死亡率も低いということが明らかにされ、その結果、世界の先進国の多くで 2000 kcal を 1 日に換算した約 300 kcal の運動が運動処方の方針にされるようになった。そこでこの 300 kcal を歩いて消費するとほぼ 1 万歩に相当することから、我が国の 1 万歩運動が始まったわけであり、歩数計 (pedometer) を“万歩計”とよんで 1 日 1 万歩の walking が強く勧められる健康づくりムーブメントが展開された。

今日、健康運動として広まってきている walking は近年のことではなく、古い時代から効果的な身体活動として親しまれてきたのである。ヒンズー教の古い格言によると、“walking は長い人生をつくりだす”となっており、ローマのオレイターである Cicero は“日常の身体活動は若さと活力の一部を晩年にまで持ち続けさせる手段の一つ”と公告した。健康に歩くことがよいと信じていたイギリス人は 18 世紀には walking 歩経路や散策できる公園の建設を推進させた。有名な辞書編集者でありエッセイストの Samuel Johnson 博士はロンドン付近で大いに walking を楽しんだという記述が残されている。Walking は健康面だけでなく、生活の楽しみを得る手段としても高く認識されていた。例えば、詩人の William Wordsworth と妹の Dorothy はその時代の若い仲間とヨーロッパへ walking ツ

アーに出かけたという記録が残されている。そのように、人が歩くことから喜びを得ていたことは 18, 19 世紀の文学書をみると明白である。前述のワーズワース以外に Thoreau, Carlyle, Taylor らの傑出した作家が詩にエッセイに活躍した時代には、小径、道路、大通り、歩み、踏み跡といった言葉がよく用いられている。

今日、森林浴とか里山歩きといった自然の中の walking が注目されている。木々の生い茂る森へ、人間本来のすみかへ返りたいと願う気持ちの現れであろう。しかしそのようなことも古い記録に残っている。18, 19 世紀の作家たちは自然を歩くことの大切さをよく理解していたので、彼らの作品の中に自然での歩きが頻繁にでてくる。こんなエピソードがある。ワーズワースの秘書が自然の中にある彼の仕事場を見たいとたずねてきた人に、“この家が一応書斎ですが、ワーズワースが仕事をするのは屋外でしかも歩きながらです”と答えたという。このように小説の構想を練るために森の中に仕事場を求めるという考えは現代の作家にもあるようだが、現代ナチュラリストの一人である Edwin Teal の「歩き暮らす歳月」(A Walk Through the Years) は walking 体験を日記風に綴った作品である。

オリンピック大会やその他の陸上競技選手権大会にでてくる競歩を別として、アメリカやイギリスでは古くから walking をスポーツとしてもとらえてきている。今日、日本でも“歩け歩け大会”，“two-day または three-day マーチ”とかの形で市民のなかに浸透してきた。

アメリカでは古くから 6 日間の walking レースが行われていた。その体表的なチャンピオンが Edward P. Weston で、いつも 6 日間で 640 km を走破したと言われている。彼の walking スタイルはネクタイに山高帽子であった。1904 年、ウエストンは 71 歳でサンフランシスコからニューヨークまでを 104 日間かかって歩いた。1 日平均の歩行距離は 60 km を上回るものであった。そして 91 歳で生涯を閉じた。ルーズベルト米国大統領の健康 walking は有名である。子どもの時期に喘息の克服のために歩き始めたのがきっかけであった。1909 年、大統領を退任する年、Roosevelt 大統領は 3 日で 80 km を歩いて彼の体力を示した。

今日の車と機械化が著しくすすんだ先進諸国の国民の身体活動量は望ましい基準を大幅に下回る。1992 年、イングランドとウェールズで行われた

大掛かりな調査で (The Allied Dunbar National Fitness Survey), 男性の 70%, 女性の 80% が年代別にみて望ましい身体活動量を満たしていなかった。ところが, 男女それぞれ 50% 強の人々が少なくとも 1.6 km の walking 習慣を形成していたことがその ADNFS 調査でわかった。そのことは, walking が健康運動として市民レベルにある程度の人気を受けていることを示すものと考えられる。動作がごく簡単でシンプルであること, 特殊な技能を必要としない, 施設もいらない, 年齢に無関係にできる, などの walking の特性が関心度の比較的高い理由と思われる。

過去 40 年ほどの間に, 日常において活動的なライフスタイルを形成している人たちはそうでない座業的ライフスタイルの人々より健康的かどうかを検索した研究が数多く発表されている。けっして全ての研究がこの仮説を支持したわけではなかったが, 大部分の研究は身体的にアクティブな生活を営む人たちがより健康的で, とくに心臓血管系の生活習慣病罹患率やそれによる死亡率が低いことを明らかにしたのである。

Walking は自然な動きで構成される典型的な有酸素運動であり, とくに腰と下肢筋が動作の主要筋群となるため, すでに述べたように機械化が進み心臓血管系疾患の多い先進諸国では手軽にできる重要な健康増進運動として注目されている。ランニングと異なり, 運動時には一方の足が必ず着地しているのでステップごとの脚への衝撃が小さいので運動にともなう傷害が少ないことも重なり, Walking は市民に急速に広まっている。ここでは健康増進と生活習慣病の予防に果す walking の疫学的生理学的効用を検討してみることにする。

1 Walking の健康科学

Walking のエネルギー消費量

Walking に消費されるエネルギー量は walking 強度 (スピード, ペース) に応じて変わる。時速 5 km (分速 83 m) の通常の walking でもエネルギーコストは安静時の 3 倍ほどになる。Walking によるエネルギー消費量は時速 3 km (分速 50 m) ~ 時速 6 km (分速 100 m) まではほぼ直線的に増加するが, それ以上の速さのペースでは指数関数的に増加し, 約時

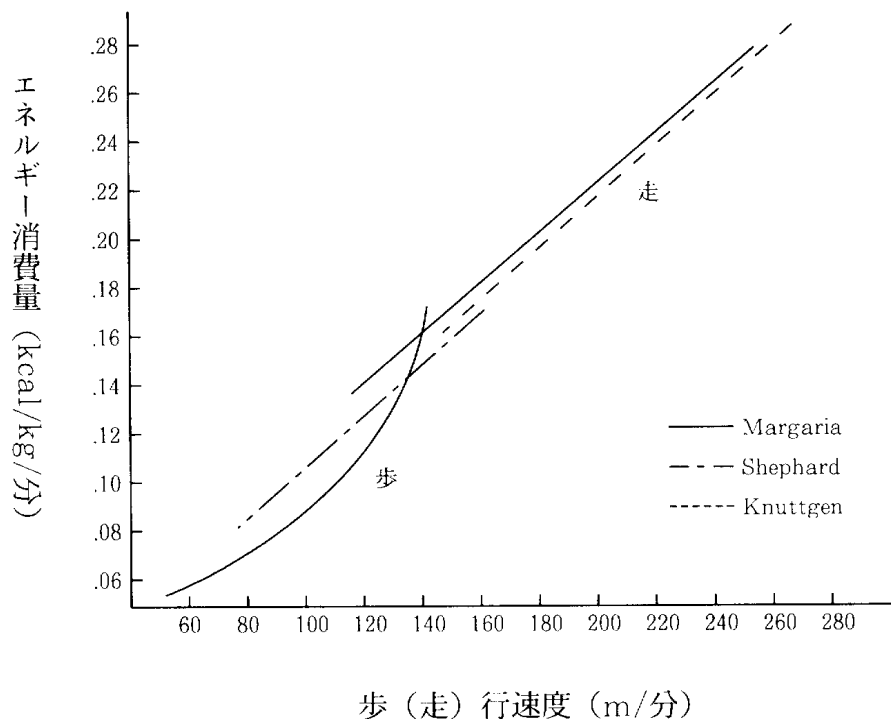


図 1. 歩(走)速度と体重当たりエネルギー消費量 (小田, 1987)

速 8 km (分速 133 m) 以上では walking のエネルギー消費量はジョギングによるエネルギー消費量を上回る (図 1)。すなわち, 130 m/分を超すペースで歩く速歩は運動量としてジョギングを上回るので, ジョギングを好まない人にとっては walking で十分だということになる。しかし, walking 速度の限界は 150 m/分当たりで, この 130 ~ 150/分のペースの walking はたしかにエネルギーコストを高めて運動量の獲得には良いかもしれないが walking による快適さは大いに低下する。速度 70 ~ 80 m/分の通常の速さによる walking は最大酸素摂取量 (VO_{2max}) の 30 ~ 40% 程度の運動強度にしかないが, 130 m/分の速歩 (brisk walking) では VO_{2max} の 70% ほどに高まる。

一定の walking ペースでは, エネルギー消費量は体重に比例する。例えば体重 80 kg の者は体重 50 kg の者に比べて walking のエネルギー消費は 60% 多くなる (およそ 3.6 kcal/分と 2.2 kcal/分)。

女性では筋量が男性より少ないために, 平均的な女性は平均的な男性より同一距離の歩行でエネルギー消費量は小さい。さらに walking の場所が平坦でなく変化がある場合にはエネルギー消費は大きくなる。5% の上り傾斜においては平坦面のほぼ 50% 増となるが^(3,4), 下り斜面においても

表 I. 歩行速度と体重当たりエネルギー消費量 (kcal/1 kg/分)

| ペース | | 体重(kg) | | | | | | |
|------|-----|--------|------|------|------|------|------|------|
| km/時 | m/分 | 50 | 60 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 |
| 3.6 | 60 | 2.6 | 3.2 | 3.7 | 4.0 | 4.3 | 4.5 | 4.8 |
| 4.2 | 70 | 3.1 | 3.7 | 4.4 | 4.7 | 5.0 | 5.3 | 5.6 |
| 4.8 | 80 | 3.7 | 4.5 | 5.2 | 5.6 | 6.0 | 6.3 | 6.7 |
| 5.4 | 90 | 4.5 | 5.4 | 6.3 | 6.8 | 7.2 | 7.7 | 8.2 |
| 6.0 | 100 | 5.4 | 6.5 | 7.6 | 8.1 | 8.7 | 9.2 | 9.7 |
| 6.6 | 110 | 6.7 | 8.0 | 9.3 | 10.0 | 10.6 | 11.3 | 12.0 |
| 7.2 | 120 | 8.5 | 10.2 | 11.9 | 12.8 | 13.6 | 14.5 | 15.3 |

(橋本, 1991 改変)

平坦を歩く場合より大きくなる。また、腕の振り方においても、活発に振ることでエネルギー消費は高まり、手に重量物を保持して歩くことでも高まる。体重 1 kg 当たりの 1 マイル (1600) walking は 1.15 kcal を燃焼させ、それがジョギングになると 1.7 kcal となる。したがって、ジョギングで消費されるカロリーと同じ量を walking で消費するには 1.5 倍の距離をカバーしなければならない。肥満者にとってジョギングは筋肉や膝の傷害を招く恐れがあるとすれば、長い距離の walking が適するであろう。

エネルギーコストを酸素摂取量で表現すると、時速 4.8 km (分速 80 m) の速さで平地を歩くと酸素消費量は年齢、性、体力に関係なく成人でおよそ 13 ml/kg/分である⁽⁵⁾。20 歳代の平均的男性の VO_{2max} が 48 ~ 50 ml/kg/分とすると、この値は VO_{2max} の 30% 以下となる。したがって、時速 4.8 km (分速 80 m) の速さによる平地の walking は軽運動であり感覚的に気持ちよい運動となる。しかし、 VO_{2max} は加齢とともに減少し、10 年当たり平均的に 10% 低下するために、30 歳代の男性の最大酸素取能力は 20 歳代より 5 ml/kg/分低いことになる⁽⁶⁾。この割りでいくと、75 歳の高年者になると VO_{2max} は 20 ~ 25 ml/kg/分になるから、20 ~ 30 歳の成人にとって楽に感じる時速 4.8 km の walking に費やされる 13 ml/kg/分のエネルギー消費は最大能力の 60% かそれ以上を占めることになる。それはもはや軽運動ではなく中等度になり、場合によっては高強度運動ともなる。

全身運動をとまなうエアロビック運動であるスイミングやサイクリングと同じように、walking も心臓血管系呼吸系機能に重要な改善をもたら

す。Walking ペースや個人の身体の大きさ、年齢、あるいは呼吸のパターンによって呼吸量は異なるが、成人においてスローペースの walking 時の呼吸量は 20 ～ 30 L/分⁽⁸⁻¹⁰⁾、速いペースでの waking になると 35 ～ 50 L/分と安静時の 7 ～ 9 L/分を大きく上回る。このように walking 習慣を形成している人は座業的なライフスタイルの人と比較して呼吸筋を動かす機会が多くなり、健康的な肺機能を維持できる可能性は大きい。

健康・体力づくりの walking

(身体的) フィットネスとは別名体力とも言われ、日常生活に出てくる身体活動や労働を著しい疲労や苦痛をとまなうことなく遂行できる能力と定義することができる。フィットネスはトレーニングによって高められ、反対に不動や運動不足で低下する。ここで言うトレーニングとは平素の生活で日常化している活動を量的にも質的にも上回る強度と頻度、それに運動持続時間の三要素を十分に満たした長期間にわたって規則的に行われる運動のことである。

健康を高めるトレーニングのガイドライン 有酸素能力と筋肉のフィットネスや身体組成を改善させるのにどのようにトレーニングをすべきかについての科学的見解が 1976 年にアメリカスポーツ医学会 (ACSM) から出された⁽⁷⁾。そして 1990 年に一部の改正と筋肉トレーニングが追加されたものの、その見解の主要な目的は健康な成人の呼吸循環器系のフィットネスや身体組成を高め維持するのにどんな運動を、どれほどすべきかについて指針を示すことであった。そのなかで指摘されたトレーニングは、walking, ハイキング, ジョギング, スイミング, サイクリング, ロウイング (ボートもしくはボート漕ぎ運動), クロスカントリースキー, なわとび, その他の持続的なゲームや活動のようなリズムカルな動きの大筋群を使う有酸素運動を個人の最大心拍数の 60 ～ 90% 強度で行うというものであった。そして 1 回の運動持続時間を 20 ～ 60 分として。筋肉のトレーニングに対しては、体脂肪の少ない体重を求めるために中等度強度のレジスタンストレーニングが成人のフィットネスプログラムの重要な面として、1 セット 8 ～ 12 種の運動を、少なくとも週 2 回行うことが推奨された。あわせて、この見解に示された運動強度や運動量より下回るレベルの身体活動

はある種の慢性退行性疾患のリスクを減らすかもしれないが有酸素能力 (VO_{2max}) の改善には十分とは言えないかもしれないことが指摘された。そして、規則的に行われる運動の最大効果は、ここで規定された運動強度より低くても週当たりの運動実践回数が多くて、一回当たりの運動持続時間が長いタイプの処方で得られると述べている。この指針は健康成人の有酸素能力と身体組成改善のための持久運動トレーニングに向けられただけでなく、心臓疾患のリハビリテーションの基礎的な運動処方にもなった。

1957 年、Karvonen とその研究グループ⁽⁸⁾は運動強度を表すのに %最大心拍数 ($220 - \text{年齢}$) の代わりに %最大心拍数予備 (%HRreserve) を用いることを発表した。これがいわゆる Karvonen 方式で、% (最大心拍数 - 安静時心拍数) + 安静時心拍数 で求めるのである。その研究者らは好ましい有酸素的な成果を得るには 60% 以上の強度または心拍数が 140 拍/分くらいになるような強度が必要だとした。

運動指導者だけではなく運動実践者の多くは十分なトレーニング内容はどんなことかを知りたいということに加えて、最少の運動時間と努力で最大の効果をあげるためのトレーニングはどんなものかを知りたいと願っているのではないか。他方、長い間座業的な生活習慣をおくってきた者にとっては、多くが健康を高めるための最小限の運動強度、頻度、時間などを知りたいと思っているにちがいない。トレーニングのための ACSM ガイドラインに示された運動処方が多くの研究者によって検討されたが、ミニマムレベルという面で ACSM より低いレベルでトレーニング効果を見出している研究はいくつも存在する。強度に関して、ACSM が指摘する 60 ~ 90% 最大心拍数というトレーニング強度以下の運動強度で VO_{2max} ⁽⁹⁾ もしくは持久性⁽¹⁰⁾ の改善が得られており、さらに ACSM より短い 1 回の運動時間⁽¹¹⁾ でも週当たりの少ない運動頻度^(12, 13) においても同様の結果が得られている。これまで座業的な生活習慣の者に対して、walking のような中等度強度の運動を 30 分、週に 1 回か 2 回⁽¹³⁾ または 10 分間ジョギングを週 3 回実施する⁽¹⁴⁾ 運動処方は有酸素能力と身体組成を有意に高めることに十分である。

効果が得られる Walking ペース。 Walking のように、大筋群がリズムミカルに動かされる運動は心臓に対して十分な量的オーバーロード (過負

表Ⅱ. 中年男女の歩行ペースと歩行強度 (推定)

| ペース | km/時 (m/分) | %VO _{2max} | %HR _{max} | 心拍数 (拍/分) |
|--------|--------------------------|---------------------|--------------------|--------------|
| ぶらぶら歩き | < 4.8 (< 8.0)) | | | |
| 女 | | 30 ~ 45 | 55 ~ 60 | 90 ~ 105 |
| 男 | | 25 ~ 40 | | 75 ~ 90 |
| 普通歩き | 4.8 ~ 6.4 (80 ~ 106) | | | |
| 女 | | 45 ~ 70 | 60 ~ 80 | 105 ~ 135 |
| 男 | | 40 ~ 60 | | 90 ~ 120 |
| 速歩き | 6.4 ~ 8.0 (106 ~ 133) | | | |
| 女 | | 70 ~ 90 | 80 ~ 95 | 135 ~ 160 |
| 男 | | 60 ~ 70 | | 120 ~ 145 |
| 全力歩き | > 8.0 (> 133) | | | |
| 女 | | > 90 | > 95 | > 160 |
| 男 | | 70 ~ 75 | | > 145 |

(Morris, 1997 改変)

荷) となり、心臓血管系機能を高めてより高い強度の運動に対する予備力をつくりあげる。

トレーニングによる適応効果は VO_{2max} に対する運動のエネルギーコストの相対的強度にかかっている。ほとんどの健常者には VO_{2max} の 60% かそれ以上、あるいは最大心拍数 (HR_{max}) の約 70% 強度が心臓血管系のトレーニング効果が期待できる刺激となる⁽⁵⁾。表Ⅱに中年齢者に対する種々の Walking ペースとそれによる心血管系と代謝応答が示されている。時速 6.4 km (分速 107 m) あたりの walking ペースは心拍数を HR_{max} の 70 ~ 80% の至適“トレーニングゾーン”に高めることができる。それは VO_{2max} の 60 ~ 70% に相当するので、健康成人の心臓血管系フィットネスを改善させるであろう。このレベルの運動は主観的にみれば十分な体力が獲得されるまで発汗や呼吸の高まりをとめない、客観的には体力が高まるにつれて、同一運動時に対する心拍数は減少する。例えば、時速 6.4 km の Walking では最大の 70% を下回るであろう。逆に VO_{2max} は増加する。

運動不足の生活をおくっている中年男女のほとんどにとって、brisk

walking (速歩) は HR_{max} のおよそ 70% または VO_{2max} の 60% 強度となる^(16,17)。このペースが維持されるなら, walking は体力を高めるのに十分な強度の運動となる。できる限りの速いペースで 1 マイル (1.6 km) を歩くと, 約 65% の成人男子と 90% の女子は至適なトレーニングゾーン (70% HR_{max} 以上とする) に心拍数を高める傾向にある⁽¹⁸⁾。年代別に区分すると男性では walking 心拍数がトレーニングゾーンに達する割合は若年成人で低く加齢とともに増加していく。これに対して女性は年齢に関係なくトレーニングゾーンに達する割合は高い (図 2 a)。さらに, 彼らの有酸素体力 (VO_{2max}) を高い, 平均的, 低いの 3 段階に区分して, 体力別にトレーニング心拍数ゾーンに達する割合を比較したのが図 2 b である。男子低体力者では 75 ~ 100%, 女子低体力者ではほぼ 100% が 70% HR_{max} を超えるトレーニングゾーンで歩いた。これに対して高体力群では, 男子で 30 ~ 75%, 女子ではどの年代においても 75% 以上の者がターゲット心拍数ゾーンに入った。このように, brisk walking は高体力の若年成人男子を除いて, どの年齢層の男女成人にとって十分な有酸素トレーニング刺激となることがわかる。

Walking は多くの人々にとって活発な運動となり, 日常的に行われる速歩 (日常に出てくる歩行の速さ以上) は体力を高めることがその他の多くの研究で明らかにされている^(16,17,19,20)。例えば, 中年女性では規則的に行う速歩は VO_{2max} を 9 ~ 28% 増加させる^(16,19,21)。当然のことながら, その増加率は walking ペースに比例する。例えば, 9% と 16% の増加がそれぞれ時速 6.4 km と 8 km のペースで得られている (図 3)。他方, 座業生活を続けている者には VO_{2max} が 6% 低下することが認められている⁽²²⁾。Walking によってエアロビックフィットネスを高めるためのミニマムな閾値はどのあたりであろうか。Porcari ら⁽¹⁸⁾ は 343 名の被検者から表 III のようにまとめた。つまりミニマムペースは時速 4.6 km (分速 77 m) から時速 6.4 km (分速 106 m) の範囲である。

機能的な心臓血管系の能力, とくに VO_{2max} の実践的な測定としいくつかの walking テストが開発されているが, Rockport⁽²³⁾ テストや 2 km テスト⁽²⁴⁾ は頻繁に使われる。速いペースの brisk walking のトレーニングによって, 運動時の心拍数が減少する。このことは心臓の働きの効率性の向

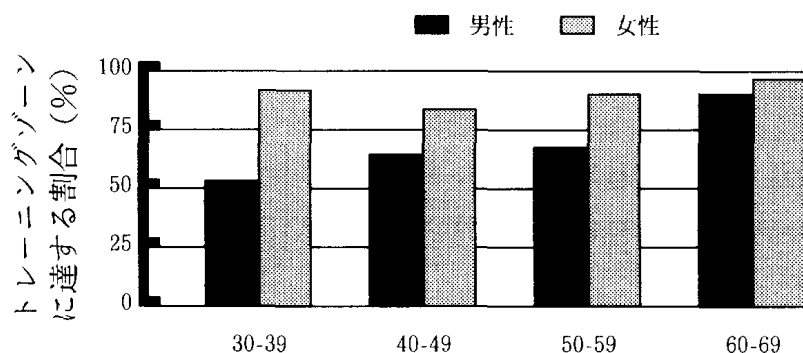


図 2-a. 1.6 km 急歩で心拍数が $> 70\% \text{HR}_{\max}$ もしくは $60\% \text{VO}_{2\max}$ のトレーニング・ゾーンに達する割合 (%) (Porcari ら, 1987)

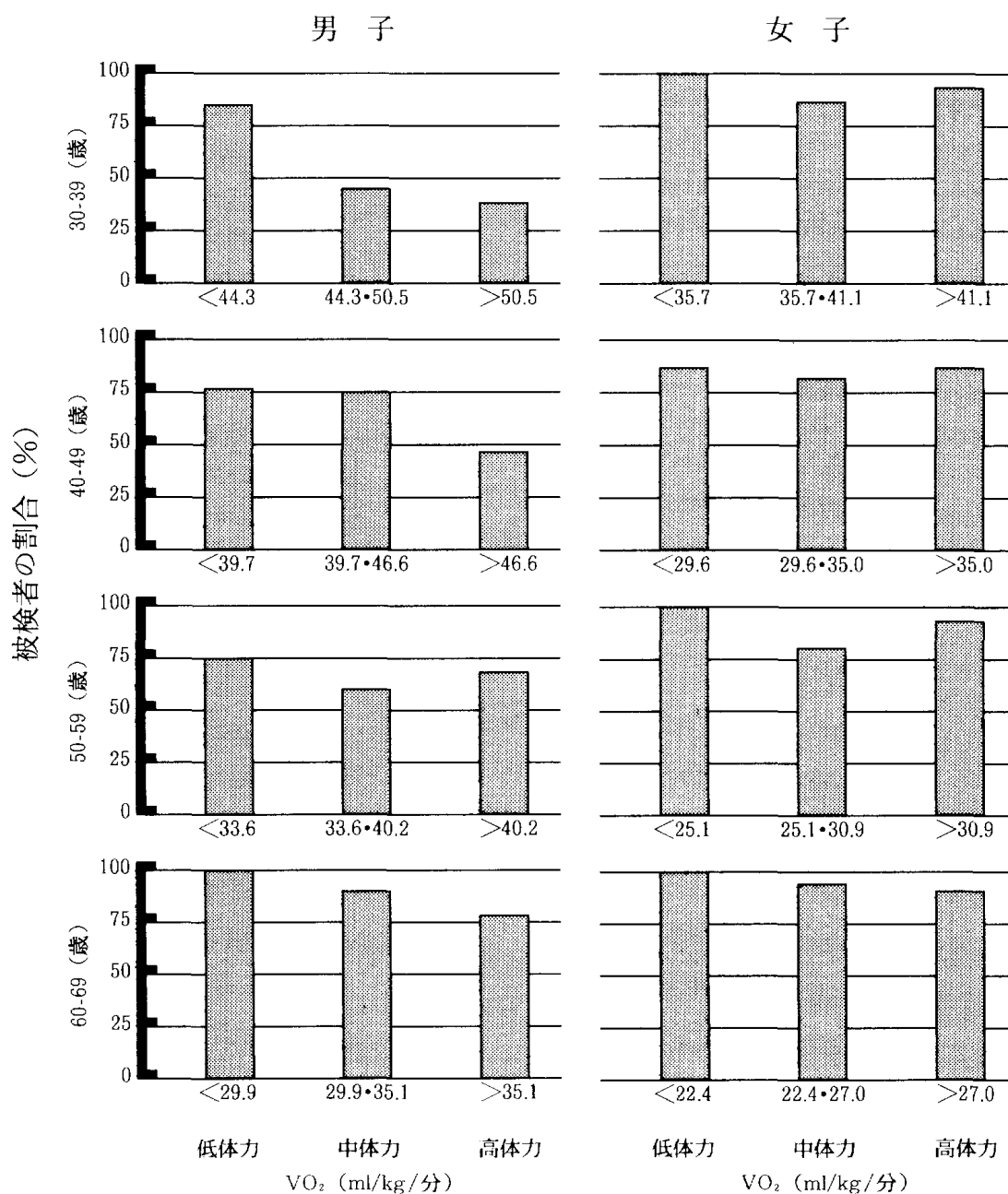


図 2-b. 1.6 km 急歩で体力別の心拍数がトレーニング・ゾーンに達する割合 (%)

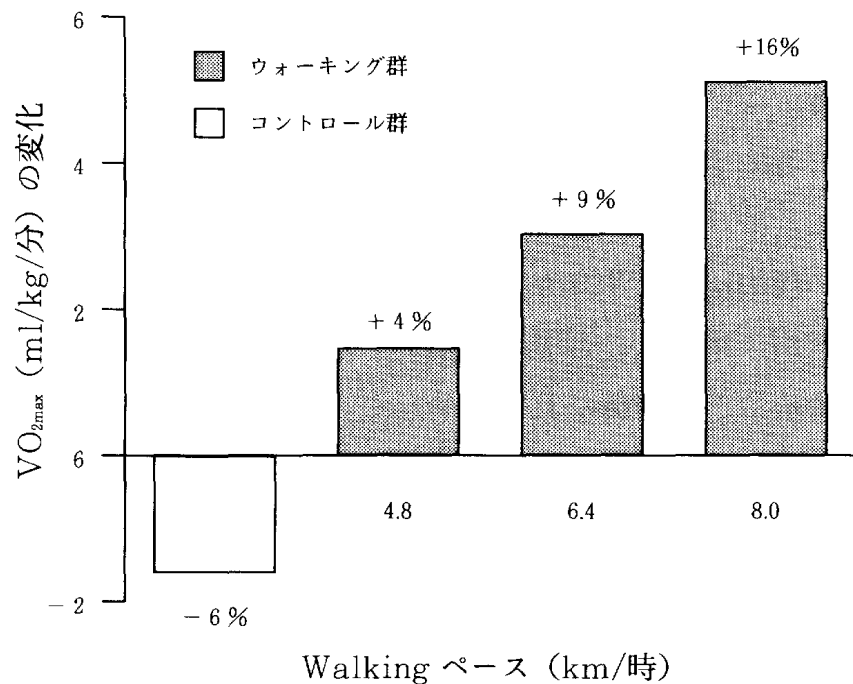


図3. 20～24歳女性の24週間 walking プログラム(1日4.8 km, 週に5日)による最大酸素摂取量の変化

(Duncan ら, 1991)

表Ⅲ. 心拍数がトレーニングゾーンに達するためのミニマムペース

| 年齢区分 | 性 | ミニマム速度 | |
|---------|----|--------|-------|
| | | km/時 | (m/分) |
| 30—39 歳 | 男子 | 6.4 | (106) |
| | 女子 | 5.6 | (93) |
| 40—49 | 男子 | 6.1 | (101) |
| | 女子 | 5.6 | (93) |
| 50—59 | 男子 | 6.2 | (104) |
| | 女子 | 4.6 | (77) |
| 60—69 | 男子 | 5.6 | (93) |
| | 女子 | 4.8 | (80) |

(Porcari ら, 1987)

上を表すものである^(16,17)。40代50代の男女で、同一最大下運動に対する心拍応答は平均的に4～17拍/分減少する。管理されなくて自分自身で walking トレーニングに励んでも、運動時心拍数の減少効果は認められる。これは多分鍛練された骨格筋から脊髄の心臓血管系コントロール部分への求心性インプットの低下と、運動に対する交感神経性の応答の低下にともなう迷走神経性応答の増加などによるものと考えられる⁽²⁵⁾。

適度 (moderate) な運動と walking

古くから人々は適度の運動は健康によいと言ってきた。その適度な運動の定義は明確でないが、大きな苦痛を伴わない中等度の運動という表現は適度な運動と考えてよいのではないか。強度の高い運動は正しく行われる限りたしかにトレーニング効果が大きい。しかし、ハードな運動プログラムは大部分の一般市民層に不向きであり、効果的ではない。これまでにいくつかの研究⁽²⁶⁾が、中等度の運動が座業的生活習慣者の心臓血管系疾患のリスクを軽減することが可能であるとし、そのことが健康増進運動の動機づけに用いられている。残念ながら、とくに先進諸国の国民の大部分は運動は健康を維持増進するのに重要であることを理解していても、健康な身体を維持するのに相応しい身体活動を彼らのライフスタイルのなかに組み入れていないようである^(27, 28)。

軽～中度の運動が心筋梗塞のリスクファクターやその他の疾患変数の軽減に関連し、walking 実践者に肥満者、高脂血症者が少ない傾向がみられる。ここ 10 ～ 20 年の間に多くの疫学的研究が身体的活動や体力レベルと、心臓血管系疾患に起因する死亡率^(14, 29, 30)、全疾患に伴う死亡率⁽³¹⁾、インスリン非依存型糖尿病^(32, 33)、高血圧症^(34, 35)、特定部位の癌^(36, 37)に対する予防に密接な関係を観察している。それらの研究の多くが健康にとって有益な運動として walking, 階段昇降, などの軽～中等度の身体活動をリファレンスにしている。さらに運動量においても 1 日 150 ～ 400 kcal で疫学的有益性が得られている。興味深いことは、それらの研究に紹介されているエネルギー消費は一回に続けて求められたものではなく、間欠的に行われた 1 日のトータル量で計算されたということである。さらに、庭仕事、日曜大工、散策などを規則的に行う習慣によって心臓発作のリスクを減らすことが可能であるとまとめている^(38, 39)。

このように、walking を生活の中にでてくる種々の生活習慣病の予防に寄与する適度な運動とみなすことに異論はない。

Morris ら^(29, 40)は 6 METs (21 kcal/kg/分) 以上の中等度を超える活発な運動が致命的な冠動脈心疾患の予防に効果的であると報告している。同時にそれより低い強度 (4.5 ～ 6.0 METs) の運動参加でも 55 ～ 64 歳の中高齢者には CHD のリスクが軽減されることが報告されている。この 4.5 ～

6.0 METs の強度は中等度の運動である。また別の研究⁽⁴¹⁾では活発な運動として ≥ 6 METs の速歩 (brisk walking) が用いられ、心臓疾患による早期死亡のリスク予防に walking が機能することが明らかにされている。つまり、中等度 (moderate) の運動は健康維持・増進に十分寄与できるものといえる。

適度な運動は運動の質 (強度) と運動の量 (運動持続時間) で構成される。しかし、一般的に運動強度の方が適度な運動の焦点になっているが、軽～中等度の運動が持続的に行われることで高い強度の運動と同じように血圧降下において好ましい結果が得られている⁽³⁴⁾。そして他の研究結果を含めてまとめてみると、健康を高めることにおいては運動強度を強調するよりも中等度強度の運動を量的 (持続時間と実践の頻度) に処方することの方がより重要であるということが言える。このことはとくに長い間座業的な生活習慣を続けてきた人々の健康運動の処方に関与する。大切となる。

ただ歩くことで効果が得られるか? 散歩のようなゆっくりした (分速 80 m 以下) walking でも健康を高めるのに何らかの効用が得られるかどうかはある種の人々にとって関心のあることであろう。その結論はまったく効果がないということにはならないということである。長期間、運動不足の生活をしてきた成人にとって、1 日 30 分のスロー walking でも健康面の改善をもたらす、慢性疾患のリスクファクターを減らすことに働き⁽⁴²⁾、一般的な処方のガイドラインを下回る強度でも、運動量に相応して効果を獲得することができる^(22, 29, 30, 43, 44)。つまりそれらの研究は運動強度を walking ペースに求めないでエネルギー消費量を用いた。また、最大有酸素能力の 60% あたり運動強度から交感神経系活動の刺激となって循環器系の改善に効果的となるのであるが、それ以下の強度でも血圧降下、免疫性の向上などの健康面の効用が期待できるようである。

ここで Duncan らの研究⁽²²⁾を紹介すると、20～40 歳の女性 102 名を aerobic walking 群 (分速 133 m)、brisk walking 群 (分速 106 m、ぶらぶら walking 群 (分速 80 m) の 3 群に分けて、1 日に 4.8 km、週 5 日の walking プログラムを 24 週間にかけて実施した結果、aerobic walking 群と同様、ぶらぶら walking にも最大酸素摂取量と HDL コレステロールの改善がみられた。この研究は健康増進の立場から考えれば、激しい運動

を時々やるよりは、定期的に軽い強度の運動を行うことが望ましいという考え方を強くサポートするものである。したがって、ここでの項目の問いに対する回答として、どんなタイプの walking でも（散歩でも）まったく何もしない人たちに比べれば、運動が習慣的に行われる限りまちがいに健康上の有益性をもたらすと答えることができよう。

小分けの walking

1回の運動持続時間が短いがそれを頻繁に繰り返すことによる運動の積み上げは健康運動推進に重要なことであろう。伝統的な運動処方では生理的適応を獲得するのには持続的な有酸素運動の重要性を強調している。ACSM 運動処方ガイドラインによると、健康を高めるためには 50 ～ 85% VO_{2max} 強度 (intensity) で 20 ～ 60 分の持続時間 (duration) の運動が必要とされる。

Walking は生活のなかに組み入れることが可能であるため、まとまった運動時間がとれない者にとって、短い時間の運動を 1 日に都合をつけて数回にまたがって行った場合に 20 分以上続けて歩く時と同様な効果を期待できるかどうかは興味のあるところである。もし十分な効果が得られるなら、それは健康促進に、よりエコロジカルなアプローチとなるであろう。

Pate⁽⁴⁵⁾ は 1 日に行われる数回の短い運動の積み上げは効果的であると述べている。その他、中等度かそれ以上の強度の運動を 1 日に数回行うことによって運動効果は得られるとする疫学研究^(29, 46, 49) は日常活動として通勤時の歩行距離、階段を昇った階数などの 1 日の総量をもって運動効果の根拠にしている。

Walking がとくに人の移動時に行われる時、それは間欠的にむしろ短い時間の動きであるのが一般的である。そのように、walking は他のスポーツ活動と比べて生活の中に頻繁に経験できる身体運動なのである。そして 1 日の walking トータル量 (距離や時間、もしくは歩数) が健康と大いに関連する。1 日または 1 週間に積み上げた総 walking 量と全死亡率との関係において、中年齢者では週 5 km 以下の者より 15 km かそれ以上の距離を歩く者に全死亡率が 21% 低い⁽⁴⁷⁾。また、退職年齢者では、週に 3 km 以上歩く者は 1.5 km 以下の者に比べて 59% 低い⁽⁴⁸⁾。さらに、女性の

観察では1日のエネルギー消費量が walking にして約45分に相当する労作を週3日行った者にはリスクが60%低い⁽⁴⁹⁾。近年日本人の糖尿病(予備軍を含めて)患者は1000万人を超えるほどに増加した。インスリン非依存型糖尿病に関連する低い糖耐性は1週間に積み上げた高い総身体活動量の者に少ないことが認められている⁽⁵⁰⁾。この研究で報告された身体活動は、男性ではほとんどの運動が仕事に関連したものであり、女性では生活の中にでてくる walking で、特定のトレーニングのための walking ではなかった。つまり、男性にも女性にも運動として扱われた内容はある長さの時間の持続運動ではなく細切れの身体活動の積み上げということである。同様に、インスリン抵抗性動脈硬化の研究においても⁽⁵¹⁾、激しい運動でなく、家事仕事にでてくる程度の活動(3.5~5 METs)や速歩によるエネルギー消費でインスリン感受性の増加に寄与することができることが明らかにされている。

活発な運動の積み上げが直腸癌のリスクを減らすのに効果的であるとする報告がいくつかある。ノルウェー女性において、週に最少4時間の walking またはサイクリングに相当する運動強度の余暇活動実践者群には直腸癌のリスクが38%低い⁽³⁶⁾。また1日に3~6 METs の中等度身体活動(ほとんどが walking であった)に1時間以上従事する看護婦はそれより低い身体活動量の看護婦に比べて直腸癌のリスクが46%低かった⁽⁵²⁾。

以上の疫学研究に対して、小分けに行う walking が健康体力面に有効であることをサポートする実験室での研究がある。ある研究⁽⁵³⁾では1日30分と10分を3回(朝、昼、夕)の walking-jogging (65-75% HR_{max}, 5日/週, 8週間)の二つのプログラムが平均年齢51歳の男女座業生活習慣者で比較された。その結果を表IVにまとめた。それによると運動時間が

表IV. 30分 vs 10分×3回 walking 効果の検討

| | 30分継続群 | 10分×3回群 |
|----------|-----------|----------------|
| 最大下運動 HR | 6 %減 | 6 %減 |
| トレッドミル時間 | 12 %増 | 12 %増 |
| 最大酸素摂取量 | 13.9% 増 | 7.6% 増 P< 0.05 |
| 体 重 | 1.75 kg 減 | 1.79 kg 減 |

(Debusk ら, 1990)

20分以上持続されなくても、心臓血管系のフィットネスを改善することが可能であることがわかる。さらに、別の研究⁽⁵⁴⁾も中高年男女において、18週間にわたる短時間の間欠的な walking (10～15分のマキシマム3回繰り返し/日) プログラムは長い時間持続して行う walking (20～60分/日) と同じように有酸素性 fitness を高めることができたと報告している。ただし、脂質の改善は得られなかった。その説明として研究者らは被検者の総コレステロール、LDL コレステロール、HDL コレステロールなどのイニシアルの値が好ましいレベルにあったからだとしている。これらの研究のまとめは、フィットネスを高めることができるかどうかの要因は1日に費やされる総エネルギー量だとしている。最少10分の持続があれば効果をあげることができるようである。

Walking が女性においても fitness を高めるのに効果的であるとする報告は少なくない^(16, 22, 55, 56)。前述の短い時間の間欠的な walking プログラムは女性に対してどうであろうか。Murphy と Hardman⁽⁵⁷⁾ は31～57歳女性を持続 walking 群 (1日30分、週5日、70～80% HR_{max} ペース) と間欠的 walking 群 (1日に10分 walking を3回) において10週間にわたるトレーニング効果を比較した。その結果、エアロビックパワー (VO_{2max}) はそれぞれ2.4%, 2.3% 高まった (P<0.05)。これ以外に最大下運動時の酸素消費量当たりの血中乳酸値から持久性の評価が試みられ、両群の持久性の改善は VO_{2max} より大きいことが観察された。さらに身体組成においては、4個所の皮脂厚において両群に有意な減少がみられたが、減少程度は間欠群に大きい。興味深いことはウェスト周径が10週間 walking よって間欠群に有意に減少したことである。このウェスト周径は内臓脂肪の簡単なチェックに用いられることがある。そして内臓脂肪の減少は運動トレーニングによる代謝改善 (脂質プロファイル, 糖に対するインスリン応答) と関連している⁽⁵⁸⁾。

以上の数々の疫学的、生理学的研究の知見から、健康を高めるという目的に行う身体活動は例えば20分以上持続しなければ効果が得られないということではないと理解しても差し支えないようである。余暇時間に、運動のために一定の時間を確保できない者には生活の中で可能な短い時間を活用してそれを積み上げることで有意な有益性が得られよう。とくに

walking は日常生活に頻繁に利用しやすい運動の様式を有するので、walking の習慣化による walking 量 (距離, 歩数) の積み上げは健康フィットネスの改善に大いに貢献するものと理解することができよう。

しかし 1 回の運動時間で、効果をあげるための最少時間はどれくらいなのであろうか。これまでに最少 6 分の積み重ねで効果を得た報告があるので、3～5 分の少ない時間でも前項と同様、やらない人たちと比べれば有意な効果を得ることができるものと考えられる。

Hand weighted Walking

エアロビックフィットネスを高めるのに持続的な全身運動がもっとも効果的である。このことは下肢の運動に加えて上肢の運動が加わるクロスカントリスキー選手⁽⁵⁹⁾やボート選手⁽⁶⁰⁾の最大エアロビックパワー (VO_{2max}) が著しく大きいことで十分理解できる。したがって、ハンドウエイトを保持しての walking はエアロビクトレーニングとしての価値を一層大きくさせる可能性を提供するものである。とくに、ジョギングの嫌いな者や速く歩けない者または体力がきわめて低い者にとって、walking 時にハンドウエイト (handweight) を持つことで walking のエネルギー消費量を増すことは有意義なトレーニングと考えられる。運動強度が同じである場合、腕運動は脚運動より血液動態への刺激が大きくなる。これは多分腕運動による大きな総末梢抵抗⁽⁶¹⁾や速収縮運動単位の大きな動員⁽⁶²⁾にもとづくのであろう。

HRreserve の 60% 強度の walking のエネルギーコストは 25.2 ml/kg/分 (7.2 METs) で、⁽⁶³⁾。これは walking ペースにして 133 m/分あたりである。この者が 3 ポンド (1.4 kg) のハンドウエイトをもって歩くとさらに約 3.5 kcal (1 MET) のエネルギーコストが加算され、エアロビックフィットネスを高めるのに十分な強度になる。しかし、ハンドウエイトを用いる場合、その取り扱い方でエネルギーコストが異なるようである。分速 80 m の通常の速さの walking において、2 ポンド (0.9 kg) と 4 ポンド (1.8 kg) のハンドウエイトを腕振りの動作に合わせるだけだと、有酸素的エネルギー代謝はそれぞれわずか 1.0 ml/kg/分と 1.5 ml/kg/分高まるか⁽⁶⁴⁾、ハンドウエイトを持たない walking と変わらない⁽⁶⁵⁾。ただ、5 ポンド (2.3

kg) ハンドウエイトを保持すると有酸素性代謝は 3.5 ml (1 MET) 高まる。これに対してハンドウエイトをポンプ動作のように上下に動かすスタイルで歩くと、その上下動の可動範囲にもよるが、同じ walking ペース (分速 80 m) で 3 ポンド (1.4 kg) ウェイトの場合、約 12 ml/kg/分 (約 3.4 METs) エネルギーコストの増加になり、walking ペースが分速 107 m (時速 6.4 km) になるとエネルギーコストは 25.5 ml/kg/分増加してジョギングのエネルギーコストと変わらなくなる⁽⁶⁶⁾。

このように、walking の強度を高めたいと願う健常者にとってハンドウエイト保持の walking の有益性は大きい。しかも、上肢の筋力増加にもつながる。しかし、血圧の上昇も大きい (1 MET 負荷の加算で収縮期血圧 12 ~ 16 mmHg 上昇) ために、高血圧の者、心血管系疾患に対して負荷の選択に十分配慮する必要がある。

近年の walking ブームはいろいろと変化を富ませた歩き方をつくりあげている。前述のハンドウエイトを保持するスタイルを power walking, 競歩の race walking, 速歩の fitness/health walking, 体力づくりの aerobic walking とさまざまな表現がある。すべてに共通していることは通常の walking のエネルギーコストを高めることによってエアロビックフィットネスを高めようとする試みである。

2 Walking とエアロビックフィットネス

Health-Related Fitness は従来の physiological fitness に近い内容のものである。すでに述べたように健康に関連した体力に及ぼす種々の影響要因の中で有酸素性体力 (aerobic fitness) は最も重要な因子となっている。この体力が高まるにつれて、高いレベルの身体機能、自信、自立心などにつながって walking も積極的に行う傾向が見られる⁽⁶⁷⁾。それ以外の重要な要因は呼吸循環系変数 (安静時心拍数、安静時および運動時の血圧、運動に対する心臓応答、肺機能)、身体組成 (BMI, %体脂肪、筋肉量、骨格構造) などである。

エアロビックパワー

これまでに多くの先行研究が中高年男女を対象に分速 100 m かそれ以上の walking ペースまたは 60% HRreserve 強度による 30 ～ 40 分/日、3 ～ 5 日/週、10 ～ 12 週間 walking プログラムで、 VO_{2max} の有意な増加を報告している。しかし、トレーニングの対象者が運動不足で体力レベルが低い場合、walking 強度が 45% VO_{2max} かそれ以下でも VO_{2max} を改善させている^(9, 68)。Walking はけっして強度の大きい運動ではないが、大部分の男女にとって walking 時心拍数は健康を高めるのに望ましいトレーニングゾーンに上昇するものである⁽¹⁸⁾。Walking による VO_{2max} 改善に対する効果の度合はトレーニング対象者の年齢で異なる。中高年齢女子（30 ～ 62 歳）の 3 ヶ月 walking プログラム（100 ～ 150 分/週）では 7.7% の VO_{2max} の増加が得られたが⁽⁶⁹⁾、中年男女対象の 12 週間 walking プログラム（30 分、60% VO_{2max} 、3 回/週）では、男子が 17%、女子が 10% それぞれ VO_{2max} を高めた⁽¹⁹⁾。また 10 代の肥満者のプログラム（80% HR_{max} 、3 日/週、11 週間）では VO_{2max} の増加は 10% であった⁽⁷⁰⁾。

Walking による有酸素的な効果は VO_{2max} の増加以上に持久性の面で顕著に現れる^(16, 26, 71)。速歩（brisk walking）が持久性またはスタミナの改善向上に効果的あるのは、walking トレーニングによって運動筋の酸化的代謝能力、とくに脂肪代謝能力の向上がもたらされるからである。この酸化的代謝能力の改善はミトコンドリア蛋白の増加と脈管化の改善を反映している⁽⁷²⁾。一般成人の持久性をチェックするごく簡単な方法に、分速 100 m 以上の速いペースで最少 1.6 km を歩き続ける能力が活用されている⁽⁷³⁾。

安静時心拍出量は同じような体格の者では相対的にコンスタントである。少ない安静時心拍数は大きな心臓 1 回拍出量を意味する（心拍出量＝心拍数×1 回拍出量）。このことは優れた心筋の収縮力と運動に対する予備力を示している。そして低い安静時心拍数はよく鍛練した個人を表す指標としている。エアロビックフィットネスはさらに、例えば、自転車エルゴメーターでの一定の決まった最大下運動においても非鍛練者に比べて鍛練者の心拍数は低い。

大きな脈圧（収縮期圧－拡張期圧）は大きな心臓 1 回拍出量を表わしエ

アロビックフィットネスと大いに関係する。しかし、高い安静時血圧や運動時に平均以上に上昇する血圧は低いレベルの健康に関連した体力の指標と考えてよい。これらの知見は一般的に肥満、脆弱な筋肉、高脂血症、運動不足の習慣、虚血性心疾患形成の高リスク、脳血管障害、腎不全などと結びつくことが多い。安静時血圧が平均以下であるのは突然の姿勢変化によって目眩が起こらなければ健康面にかならずしも不利益であるとはいえない。しかし、臥位から直立位への変化において血圧を維持することができないとすれば、それは静脈性緊張の低下や低レベルのエアロビックフィットネスと関係することがある。

身体組成

どんな形であろうがエネルギー消費は体重に影響される。体重 1 kg 当たり約 1 kcal が 1 km 歩くごとに消費される。このエネルギー消費は歩行ペースに大いに影響されるので体重を望ましいレベルに管理することで健康の維持改善をはかろうとするなら、一般に体力を高めるのに必要とされるほどの強度の運動をしなくても、walking を取り入れるとかの、より活発なライフスタイルで健康が得られるかも知れない⁽³⁰⁾。

平地の 1.6 km の walking は 75 kg の男性の場合、平均 120 kcal の消費となる。これは 1 片のパンとバターの半分または標準の 50 g チョコレートバーの 1 / 4 に当たる。体格指数の BMI が $25 \sim 30 \text{ kg/m}^2$ を過体重(オーバーウエイト)といい、BMI が 30 kg/m^2 を越える人を肥満と言うことになっている。今日のような機械化、省エネ化による運動不足とカロリーの摂り過ぎという飽食の時代では過体重または肥満者が多いということは先進諸国の傾向である。45 ～ 64 歳を対象にした英国の調査結果⁽¹⁶⁸⁾によれば、過体重と肥満を合わせると男女共半数を超える。また、50 ～ 59 歳を対象にしたアメリカの調査も同様の結果を報告している。これらの年齢群における過体重者の割合は 1971 ～ 1974 年調査で男子が 27%、女子が 36% となり、1988 ～ 1991 年の調べでは男子が 42%、女子が 52% である。このような高い割合の過体重は国民の健康に重大な影響をあたえるものである。わが国では、厚生省の「国民栄養の現状」(平成 7 年度版)によると肥満者は男性で 12%、女性で 16% となっている。これに過体重者を加え

ると 30% を超えるであろう。

一般に過体重者の心臓血管機能は低い傾向にあるので、過体重者の減量にいきなりジョギングとかエアロビックダンスといった活発な運動は不適切となることがある。その意味でウォーキングは過体重者に対する減量運動として数少ない手軽にできる身体活動の一つと考えられる。幾つかの研究^(75, 76)は walking が男女において体脂肪または体重の減量に効果的であり、食事制限 (ダイエット) と walking の組み合わせ⁽⁷⁷⁾は減量により大きな効果を持つことを報告している。48 名の座業習慣男子 (42 ~ 59 歳) が 1 年間の walking プログラム (分速 117 ~ 118 m ペース, 平均 28 分/日) に参加した結果, 体重, BMI, %体脂肪, 皮下脂肪, ウエスト/ヒップ比の全てにおいて有意な減少が観察されている⁽⁷⁸⁾。近年フィットネスセンターの充実で, 室内での運動が可能となり, トレッドミル上の walking が一般化してきた。がそのトレッドミル上の brisk walking (傾斜 5 %, 90 分, 5 日/週, 16 週間) でも, 6 名の肥満男子において体重 5.7 kg の減量と %体脂肪の減少が見られた⁽⁸¹⁾。この Walking トレーニング中, プログラム開始期に 1 日の食事摂取量が一時的に増えたが以後トレーニング開始前値以下に減った。しかし, 同じトレッドミル walking において座業習慣者の女子を対象にした研究 (分速 88 m, 傾斜 0 %, 4.8 km, 4 日/週) では体重および %体脂肪において有意な減少は観察されなかった。そのことは, 一般的に女子では体脂肪の減量は男子より低い傾向にあり⁽⁷⁹⁾, 脂肪組織の運動への適応も男子より小さい⁽⁸⁰⁾ことが原因しているのではないか。しかし, 8 ~ 20 週間, 週 3 日の walking プログラムから, わずかながらも体重および体脂肪の減少を認める報告もある^(56, 75)。

Walking の処方を考えるとき, 運動強度を優先するのか, それとも運動量を考慮すべきかという問題にぶつかる。運動処方にあたっては対象者の体力レベル, 年齢, 運動に当てうる時間などの要因に十分考慮すべきであるが, 二組の高年齢女性が中等度 (60% VO_{2max}) 強度の 60 分 walking を週 3 日プログラムと週 5 日プログラムに参加した結果 (24 週間), 両群とも有酸素能力および体脂肪において有意な改善が認められたが両群間に進歩度の有意差は認められなかった⁽⁷⁶⁾。週 3 日のプログラムで十分であることを示した。

体脂肪の改善に及ぼす walking の効果についてのこれまでの先行研究はポジティブとネガティブの両面を示している^(16,22,70,82)。Walking による身体活動量が小さい場合、例えば、時速 3.2 km (分速 53 m)/日、3 日/週、の walking では食事の摂取量が増えるために 12～24 週間にわたって皮下脂肪の著しい減少にはならないという考え方が多い⁽⁸³⁾。

3 Walking と骨の健康

人口の高齢化に伴い、骨粗鬆症が確実に増加しており、大きな問題としてクローズアップされている。骨粗鬆症とは、骨組織における単位体積当たりの骨量が減少した病態を指す 1 つの症候群である。骨組織は絶えず骨形成と骨吸収を繰り返して組織を改築し、維持している (骨代謝回転)。正常な骨では骨形成と骨吸収のバランスがさまざまな因子によって調整され、骨代謝回転がカップリングしている。骨粗鬆症の原因については、このカップリングの障害により骨吸収が骨形成にまさっている状態と言える。カップリング障害の一つの要因に運動不足/不動があげられる。つま

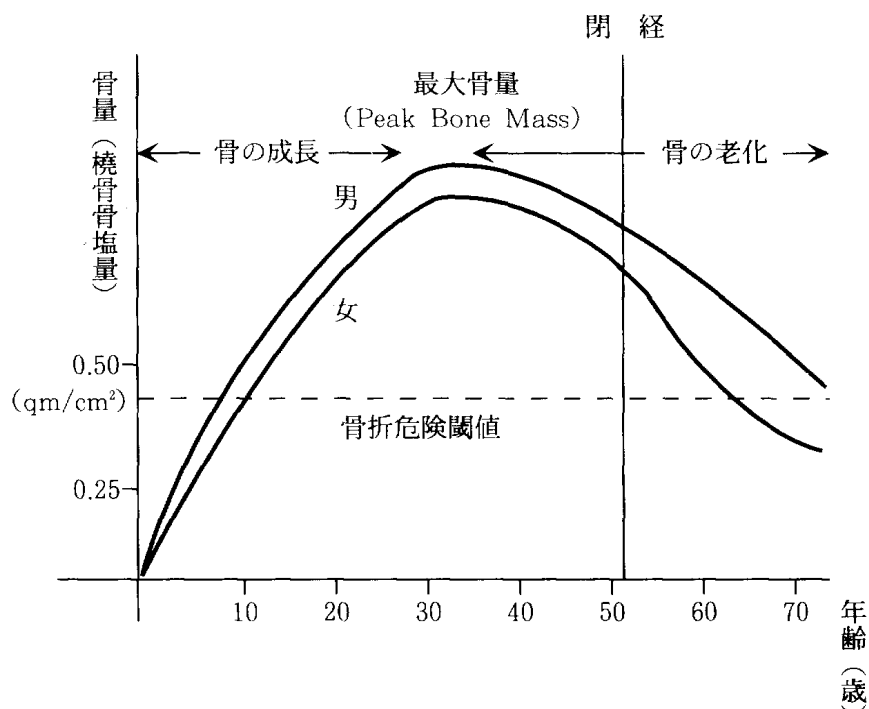


図4. 骨の成長・加齢・骨粗鬆症 (藤田・1987)

り、骨粗鬆症を予防する方法として、①身体運動、②高カルシウム摂取、③日光浴の三つはよく知られている。

骨量の維持（カルシウムの骨への沈着促進）には運動および重力負荷による刺激が極めて大切である。つまり、身体運動による物理的刺激が骨生成を促進させ、骨吸収を抑制するものと推測されている。骨量は成長期に増加し、ほぼ 30 歳代にピークに達する。その時の最大骨量を peak bone mass という。骨量はこの peak bone mass 以降年齢とともに徐々に減少していく。女性では閉経期に急速に減少して、老年期に達すると骨折危険域値以下の骨粗鬆症になる可能性がでてくる（図 4）。骨粗鬆症の予防には、発育期から青年期にかけていかに peak bone mass を高めるかということと、peak bone mass 以降いかにして骨量減少を抑え、遅らせるかである。

運動習慣と骨量（骨密度）

ベッドレスト（臥床安静）状態、無重力（宇宙）状態、不動化（ギブス固定）状態では骨量（骨密度）が減少することはよく知るところである。これとは逆に、テニス選手の利き腕の骨量（カルシウム含量）は他の腕の骨量より高い⁽⁸⁴⁾。運動が骨量に及ぼす影響については、これまでに多くの研究がなされている^(85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93)。運動のタイプとしては、重量挙げ、柔道、バレーボール、バスケットボール、テニスなど瞬発系の競技スポーツ実践者の骨量が大きく、その機序としては、重力、衝撃力、筋力などが骨に対する機械的ストレスとなって骨量を高めるとされている。また、直接的に機械的負荷が及ばない部位の骨に対しても、血流増加やホルモン内分泌系を介して骨量増加が促進されると言われている^(107, 108, 109)。

体重を支える運動による骨への機械的負荷は骨構造の重要な機能的決定因子の 1 つであって骨形成を促し骨吸収（破骨）を抑制する働きをなす。頻繁でなくても、大きな負荷が骨にかかるようなタイプの運動、例えばバレーボールでのジャンプなどは骨の強化にもっとも効果的な刺激のようである⁽⁹⁴⁾。片方の脚にかかる負荷が体重の約 1.5 倍以下を低地面反力（ground reaction force = GRF_z ）とし、2 倍かそれ以上の負荷を高 GRF_z 区分すると、walking スイミング、サイクリングは低 GRF_z に、ジョギン

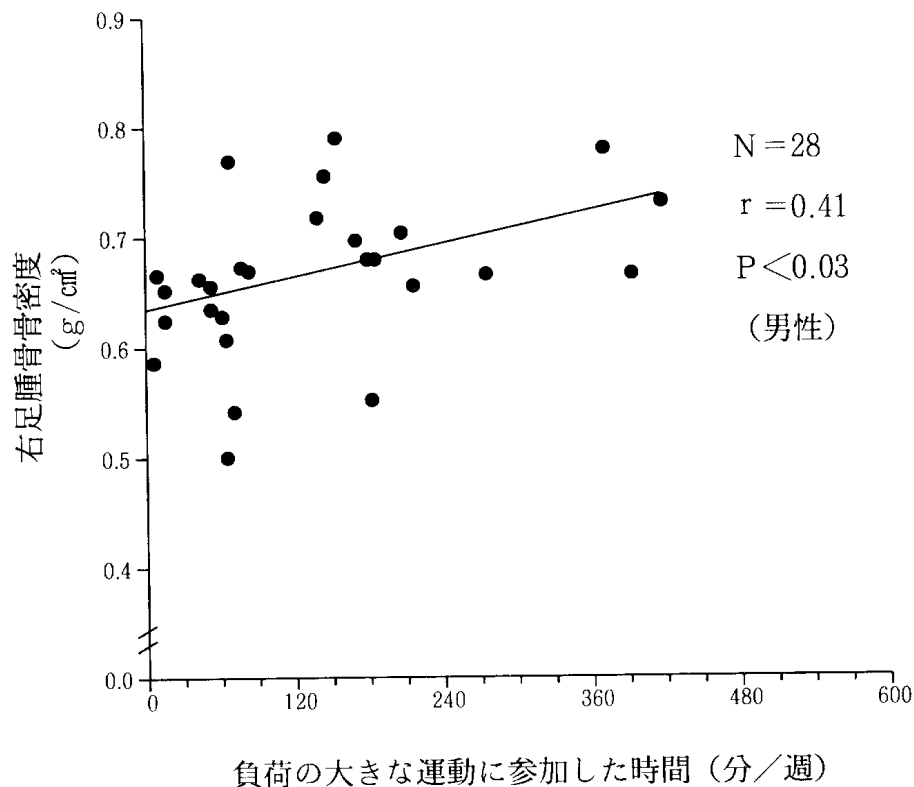


図5. 高強度運動実践時間と踵骨骨密度との関係 (Hutchinson ら, 1995)

グ、バレーボール、バスケットボールなどは高 GRF_Z の運動になる。低 GRF_Z 運動実践群と高 GRF_Z 実践群の踵骨骨塩量の比較では後者が 12% 高い⁽⁹⁵⁾。そして高 GRF_Z の間では踵骨骨塩量と運動時間に有意な相関 ($P < 0.03$) が成り立つ (図5)。宮下ら⁽⁹⁶⁾や Grove と Londeree⁽⁹⁷⁾ は、骨粗鬆症の予防を目的とした運動プログラムの運動量は、「骨ストレス指数」を基準とすることを提案している。それは、ある運動中にかかる力とその反復回数とによって決まるとするものである (骨ストレス指数 = 1 回の動作中の極大地面反力 × 歩数)。

閉経後の高齢女性においても、運動によって骨塩密度が高まることがわかっている。1 年間にわたって、大腿骨と背骨に負荷がかかるステップやジャンプ運動を中心とした、週 2 ～ 3 回のハイインパクトエアロビック運動を行った結果、大腿骨頸部及び大転子の骨密度が改善された⁽⁹²⁾。そして骨塩密度の改善は大腿四頭筋の筋力増加と一致していた (図 6-a と b)。このことは骨粗鬆症患者にこの部位の骨折が多く、寝たきり人口の増加や医療費を増大させる原因となる傾向の現代社会において極めて重要な

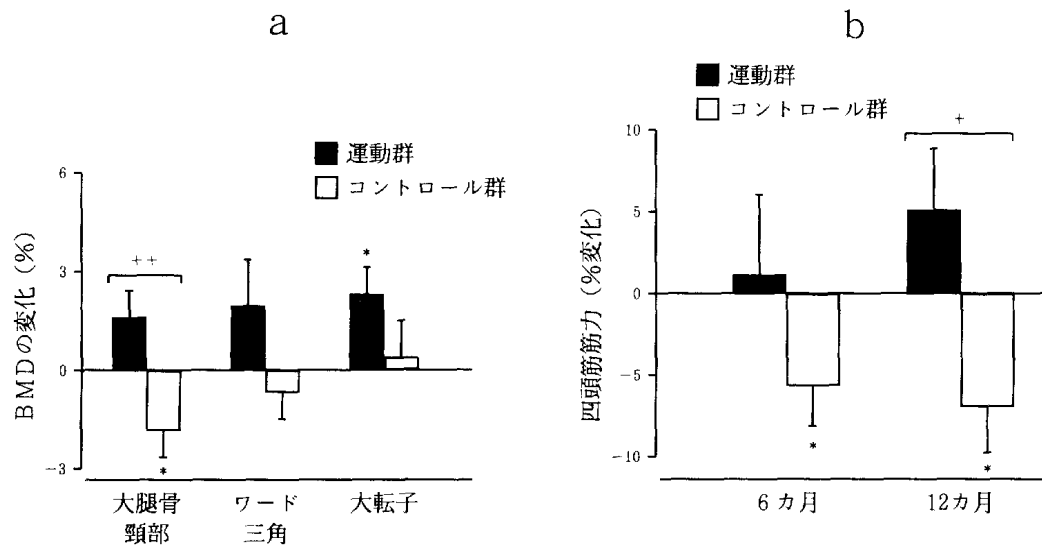


図6. 閉経女性が1ヵ年のハイインパクトのエアロビック運動を行った結果, (a)太腿骨骨塩密度 (BMD) と (b)太腿四頭筋力が増加した。

* $P < 0.05$, ** $P < 0.001$ (Welsh と Rutherford, 1996)

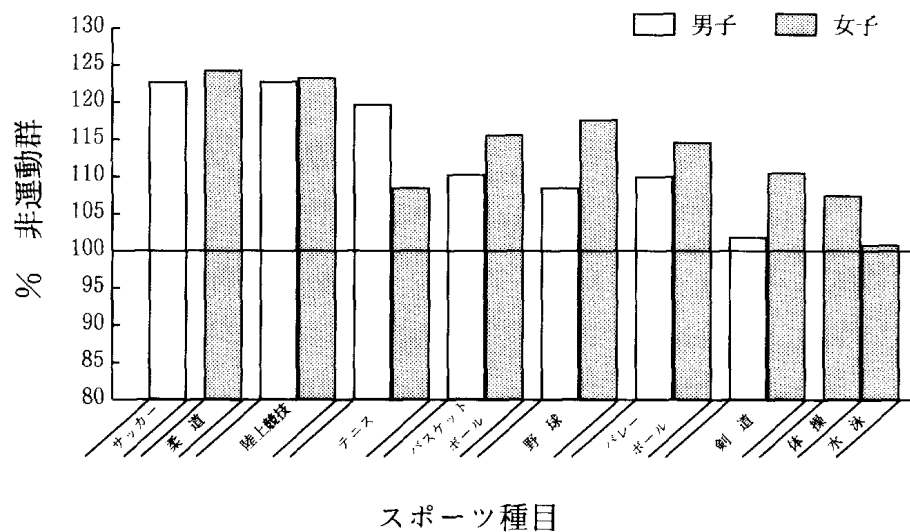


図7. スポーツ種目別の踵骨スティフネス。非運動群を基準とした%変動

(Kobayashi ら 1996)

ことと言わねばならない。すでに触れたように、骨の健康にとってもっとも重要なことは30歳あたりの peak bone mass に達するまでにできるだけ骨量を高めておくことである。中学・高校期でのスポーツ活動と大学期における骨密度(踵骨)との関連において、運動経験者群は被経験者群より高い値を示し、スポーツ種目別に比較すると、足への衝撃の度合いが大

きく、その頻度が多いスポーツにおいて高い値が示された⁽⁹³⁾。発育期の活発な運動経験は将来の骨の健康を左右する要素の一つとなるであろう。

Walking と骨の強化

Walking は大きな負荷を加えるという点では不十分であるため、walking 実践者の骨量は競技スポーツのアスリートほど大きくないが、体重を支える (weight-bearing) 運動ということと簡単にできるという面で骨の強化または骨粗鬆症予防に欠かせない運動となろう。

骨盤骨折を防ぐために上り斜面の頻繁な walking がよいという研究がアジア女性から報告されている⁽⁹⁸⁾。そこでは、週1回以上の経験群と週1回だけの walking 群が比較され、週1回以上の実践者に骨盤骨折が40%少ないことがわかった。同じようなことが白人女性においても観察されている⁽⁹⁹⁾。すなわち、walking 実践群に骨折リスクが30%減少し、その減少率は walking 距離が増すにつれて大きくなることがわかった。それらの研究に見られる walking 場面が上り斜面であったので、骨に十分な強化の刺激が加わったのである。

先に述べたように、閉経後の女性の骨量は著しく減少するためにその対象となる女性にとって骨の強度を高めたり骨量減少を抑えるためのトレーニングは重要となる。これまでにいくつもの研究が閉経を迎えた女性を対象に骨量に対する walking の効果を検索して、その効果を報告している。普通のペースで週に12 km 以上の walking を習慣にしている閉経女性の脚と体幹の骨密度は週にわずか1.6 km 以下しか歩かない女性と比較して有意に高い⁽¹⁰⁰⁾。つまり、1日に約1.7 km ほどあるくことで骨の健康が促されるというのである。60～70歳の高年齢女性が各自のペースによる速歩(平均96 m/分)で1日平均20分を1年間にかけて歩いた⁽¹⁰¹⁾。その時の walking 心拍数の平均は110 (9 SD) 拍/分(予測最大心拍数の71%当たり)となった。その結果、腰椎では歩かないコントロール群の5%減少に対し walking は6%増加を示した。さらに、大腿骨頸部の骨量においては walking 時間と骨密度変化に量反応関係が見られた。同様の結果が3 kg の鉛のベルトを腰に巻いた1日50分の walking プログラムからも報告されており⁽¹⁰²⁾、Hattori ら⁽¹⁰³⁾も時速7.2 km (分速120 m) の速歩による1日

30 分, 週 3 回の walking プログラムで, コントロール群に見られた 1.7% の脊柱骨密度の喪失を防ぐことができたとしている。このように, 閉経後の高齢女性においても, 1 日 20 分以上の習慣化された walking は骨量減少を抑えるだけでなく増加をもたらすのに十分な運動と言える。

しかし, walking が骨量の減少予防や増加に対して効果を見ない先行研究が無いわけではない^(104, 105)。そこでは, 50 ~ 65 歳の閉経女性が 1 ヶ年にわたって強度 60 ~ 85% HR_{max} の walking に参加したが, 腰椎骨密度においてコントロール群と有意差が認められなかった。Walking 効果が認められた報告と比較して, 彼らの 1 週間の総 walking 時間が短かったことが指摘される。

骨粗鬆症に伴う骨折の予防には日光浴を浴びながらの walking が必要とされる。14 年間にわたる 1500 名近くの大規模なコホート研究により, 屋外での身体活動が高い者は低い者に比べて股関節部の骨折が有意に低いことを報告している⁽¹⁰⁶⁾。すなわち, 継続した屋外での身体活動の重要性を示したのである。この意味でとくに中高年齢女性, とくに骨折頻度が高い高齢者にとって, 屋外での walking は重要な健康運動となる。屋外を歩く習慣により, 運動量を確保し, 太陽光線を浴びて, 骨代謝に重要な皮下でのビタミン D 合成を促し, 身体の安定性と下肢の筋力・持久性を保つことができ, 活動的な日々をおくることこそが骨粗鬆症にともなう骨折予防につながる運動となるのである。

転倒予防としての役割

近年, 高齢者の骨折が確かに増加している。高齢者社会においてこの問題は極めて憂慮すべきことである。その原因の一つが骨粗鬆症患者が増えて, 折れやすい骨の高齢者が多いということであろう。その意味で骨粗鬆症予防のための生活習慣が重要となり, 骨密度に対して効果的な運動である walking は実践の手軽さから大いに推奨されるわけである。

一方, 骨折の要因として骨粗鬆症以外の病因が重要ではないかという事実が増加している。例えば, 高齢者の骨盤骨折の 90% は転倒に起因する⁽¹¹⁰⁾。したがって, walking の研究は筋力, 神経筋協応能, 姿勢の安定さ, 歩行の定常性などの転倒に大いに関連する要因を骨の構成物と同じように

検討すべきであろう⁽¹¹¹⁾。身体的に活発なライフスタイルは骨量を高めたり、骨量喪失を抑えるという利点以外に、筋力強化、平衡能および調整能の改善をもたらし、ひいては骨粗鬆症骨折の発生を減らすことになる。高齢期では運動による骨塩量の増加がわずかであるため、運動は骨塩量の増加よりむしろ転倒の予防策として重要であるとも考えるのがよい。1995年のACSMの骨粗鬆症と運動の公式見解⁽¹¹²⁾でも中高年女性の骨塩量に及ぼす運動の効果は、加齢に伴う変化を改善するのではなく、運動不足状態や不活動に伴う変化を軽減することが実態であり、しかもその程度は数値上わずかなものであること、高齢女性にとって適切な運動は、筋力、柔軟性、協調性を向上させることによって転倒しにくくなり、骨粗鬆症に伴う骨折の発生を、間接的ではあるが、確実に減らす効果があることなどが示されている。

筋力トレーニングや柔軟運動との組み合わせで walking による平衡性が高まるとする知見がある⁽¹¹³⁾。近年、高齢者においても運動のライフスタイルを持つことで姿勢平衡能の改善が期待できるとする研究が報告されている。Perrin ら⁽¹¹⁴⁾は運動習慣と身体の平衡能の関係について詳しく報告している。家庭にいる60歳以上の男女を身体活動とスポーツ活動(physical and sporting activities=PSA)の状況にもとづいて、生涯にわたってPSAに参加しており、現在も少なくとも walking, スイミング, サイクリング, テニスのいずれか一つを行っている AA (active-active) 群(平均年齢73.9), 退職後からPSAを始め、現在80%以上が walking とヨガを行っている IA (inactive-active) 群(平均年齢71.9歳), 青少年時代にはPSAに参加していたが、30年前に中断した AI (active-inactive) 群(平均年齢67.9歳), それに全くPSAに加わった経験の無い II (inactive-inactive) 群(平均年齢73.7歳)の4群に分け、開眼及び閉眼による平衡能や身体のゆれとの関係を検索し結果、姿勢平衡能の成績は AA > IA > AI > II の順であった。Grahn と Moller⁽¹¹⁵⁾も60～70歳に対する運動ライフは骨量だけではなく、筋力、柔軟性、平衡性(閉眼片足立ち, スキップテスト), 有酸素能力の向上に役立つ知見を得ている。事実、身体的に活動的な生活習慣者には骨盤骨折が50%低い⁽¹¹⁶⁾。骨折予防は高齢期でのQOLを高めるための最も重要な要因となろう。

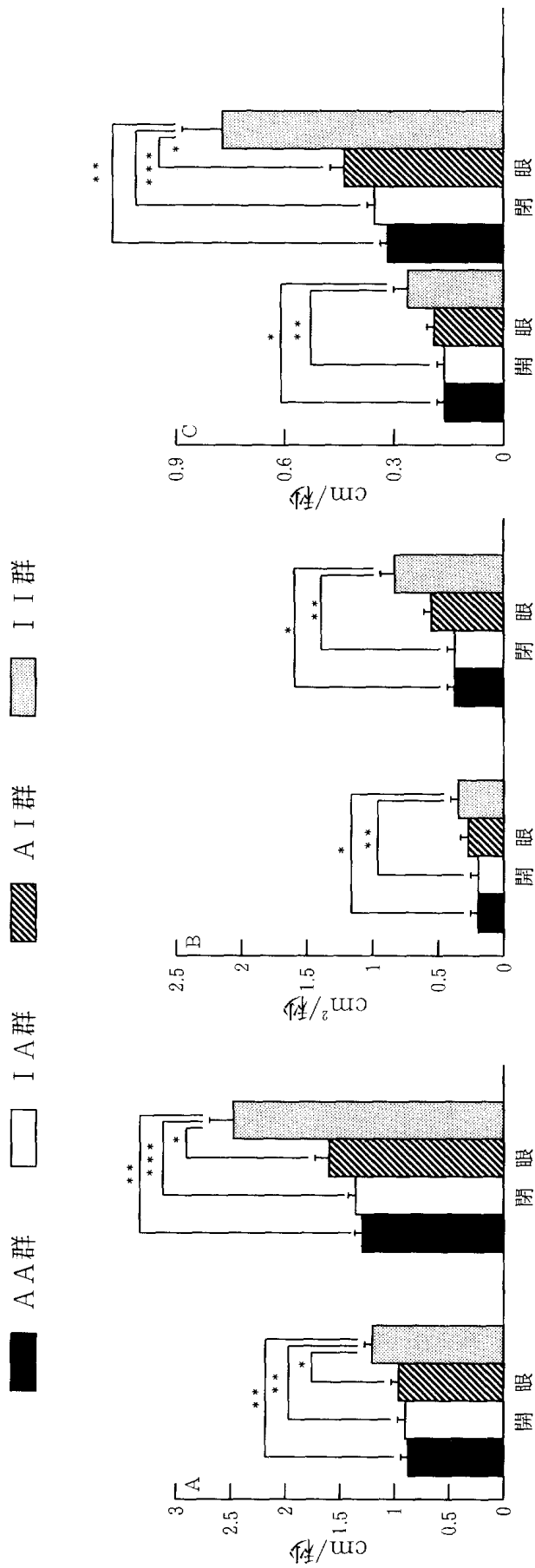


図8 60～85歳の家庭にいる男女の平衡能力を運動・スポーツ活動習慣別に比較
AA: 生涯にわたって活動的 IA: 退職後に運動習慣形成
AI: 30年前から不活動習慣 II: 生涯にわたって不活動習慣
*P<0.05 **P<0.01 ***P<0.001 (Perrin ら 1999)

4 Walking と循環器の健康

Walking と虚血性心疾患

Morris 博士の研究。 1949 年に英国で興味ある研究がなされていた。当時ロンドンでは 2 階建のバスが走っていて、そのバスの運転手と車掌とでは心筋梗塞や狭心症といった冠動脈心疾患（虚血性心疾患）にかかる率に差があり、運転手に多いことがわかった。また、郵便局員や室内勤務の公務員とバイクを使わない郵便配達員とでは、郵便局員や公務員などに冠動脈心疾患（CHD）の患者が多いことがわかったのである。つまり、車掌や配達員は階段の昇り降りや郵便配達で歩く機会が多いことが CHD にかかりにくい原因であると結論づけられた^(117,118)。これらの Morris 博士の研究は運動と疾患の関係を明らかにした先駆的な研究となり、その後多くの研究をもたらす誘因となった。そして、今日、身体をよく動かす人と、ほとんど動かさない人とでは、CHD にかかる率が 1.5 ～ 2.0 倍違うということとで意見の一致を見る。

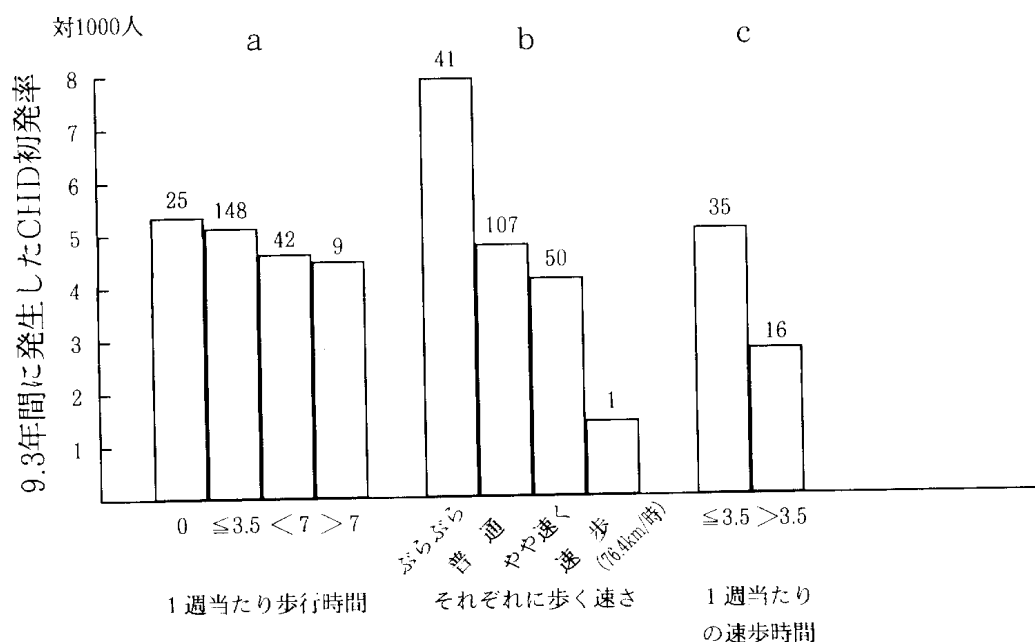


図 9 a, b, c. 英国男子管理職公務員 4824 名の 9.3 年間に起きた CHD の初発率。
調査開始時の年齢は 55 ～ 64 歳。グラフ上の数値は発症件数、
発症率は年齢標準補正值。(Morris と Hardman, 1997 の資料より作製)

Morris^(119, 120) は引き続き英国の中年公務員管理職を対象につきつきと walking と CHD 発症率についてのコホート研究をすすめた。その結果、まず、通勤の行き帰りと余暇時においてトータル 1 時間の walking をこなしているグループの CHD 発症に対する比較危険度は全く歩かないグループの 0.83 に減少した ($P < 0.05$)。しかし、それ以上の距離を歩いても発症率への影響は見られない (図 9 a)。次に、エネルギー消費が 7.5 kcal/分 (6 METs) に達する brisk walk (速歩) はそのようなオフィスワーカーにとって心臓血管系のトレーニングとなるのであるが、その brisk walking が 1 日 30 分以上になると、それ以下に比べて有意 ($P < 0.001$) に CHD 発症率が低くなる (図 9 c)。また、各自の歩きを“ぶらぶら歩き”、“普通”、“速歩き”に区分してみると、調査開始期に“ぶらぶら歩き”としたグループにそれ以後に心臓疾患の高い発症率が観察された (図 9 b)。

すでに記したように、Morris 博士の先駆的研究で、徒歩による郵便配達員はオフィスで働く公務員や座業的労働者に比て CHD の発症率が低いことが指摘された⁽¹²¹⁾。近年再び行われた郵便配達員の研究においても同様の結果が得られている。すなわち、20～74 歳の郵便配達員の CHD による標準化死亡率は 1970～1972 年と、1979/8 年～1982/3 年の全男性平均死亡率の 82% であった⁽¹²²⁾。なお、1981～1989 年の 20～74 歳の郵便配達員と郵便仕分け員の全死因死亡率は 68% と低いものであった⁽¹²³⁾。そのように郵便配達員の低い死亡率は、仕事として週の大半を歩く彼らの運動量がゴルフプレイを含めて余暇時間に 1 日 30 分以下しか歩かない公務員の運動量に比べて著しく多いからである。このような研究はアメリカにおいても行われ、1 日に数マイル歩く配達員に CHD 予防の強力な因子の一つである HDL 2 (高比重リポ蛋白) 高値が観察されている⁽¹²⁴⁾。

アメリカの代表的疫学研究。 欧米諸国、とくにアメリカでは死因のトップが虚血性心疾患であるため、この疾患予防に関する研究が多く見られる。その代表的な研究がハーバード大学卒業生を対象にしたいわゆる Harvard Alumni Study である⁽⁴⁷⁾。16,936 名を対象にして 1962 年から 1978 年の間の追跡調査で、その間に死亡した 1,413 名の 45% が心臓血管系、32% が癌によるものであった。生前の身体活動量と全死亡との関係において、①日頃の歩行数や昇る階段数が多いほど、②スポーツを含めて身

体活動に費やす総エネルギー量が多いほど死亡危険率が低いことがわかった。さらに、最近の報告⁽¹²⁵⁾では、週に 15 km (1 日平均約 2 km) または週に 3.5 時間 (1 日 30 分) の規則的な walking が死亡率を抑える閾値になることが示された。つまり、心臓血管系疾患の予防に 1 日 30 分のやや速めの walking が欠かせない。

テキサス州ダラスにあるクーパークリニックはトレッドミル上の漸増負荷テスト (バルキープロトコール) を行い、運動耐容時間で測定した 5 段階評価の体力レベルとその後の健康度との関係について調べた⁽³⁶⁾。最初のテストで疾患の無かった 13,344 名男女に対する 8 年間のフォロー研究で、その期間に死亡した 283 名は男女を問わず最も体力の低いグループに死亡率が高く、体力が高くなるにつれて死亡率が低くなる (図 10)。この研究で

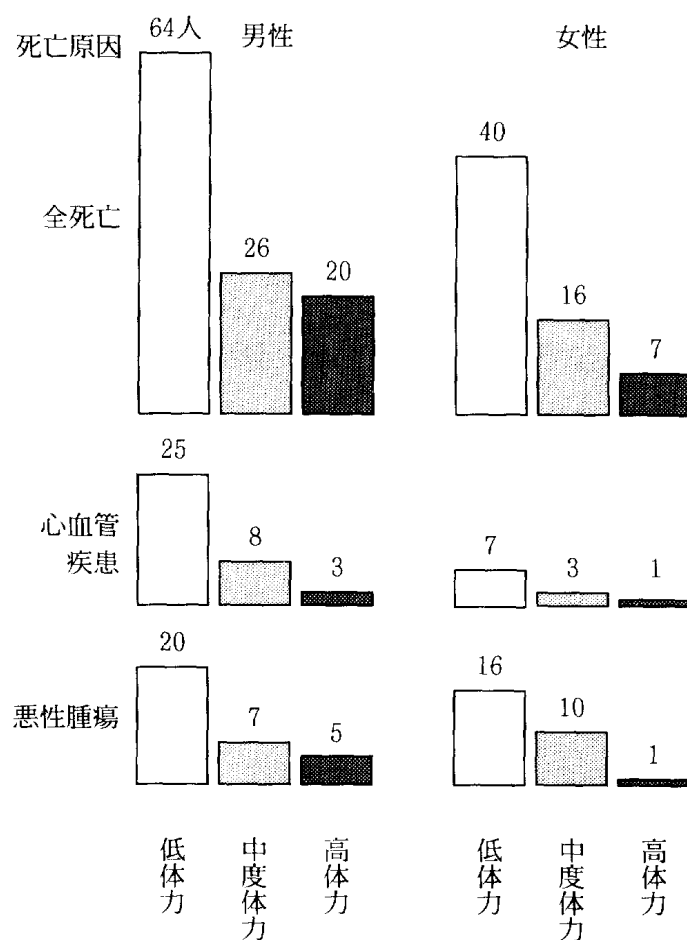


図 10. 体力差による死亡数と原因疾患

(Blair ら, 1989)

低体力: 1, 中度体力: 2 と 3, 高体力: 4 と 5

体力はトレッドミル上の歩行テストで 5 段階に評価された。

中度体力者では死亡数は半数以下に減少する。

注目されたポイントは体力の最低のグループと次に高いレベル（中等度体力）のグループ間に死亡率の著しい減少が見られ、それより体力が高くなっても減少傾向があるもののわずかな程度であった。また最近のダラスの5年間にわたる縦断的研究では、5年間に体力レベルを改善したグループは低体力のままでいるグループと比べて死亡のリスクを64%減らしたことを報告している⁽¹²⁷⁾。これまでに中等度の運動がCHD予防に“十分な閾値”となることで大方の意見の一致を見ていたが、ダラス研究は、1週間のほとんど毎日を1日3 kmのbrisk walking（分速90～110 m）を実践することが中等度の体力を形成するのに十分であることを強調した。

北欧の研究。 1984年から1989年の5年間に行われた1453名のフィンランド中年（42～62歳）男子の研究⁽¹²⁸⁾で、対象者の運動習慣の程度が彼らの余暇時間における身体活動の頻度および強度にもとずいて評価された。中等度からより活発な運動に週最低2.2時間（1日約19分）以上を当てているグループでは最低レベルの運動習慣形成者群と比べると、心筋梗塞のリスクが半分以上に減る。その研究で定義された中等度～活発な運動はbrisk walking, ジョギング, サイクリング, クロスカントリースキーなどで、ぶらぶら歩き, 簡単な庭仕事, ハンティング, 莓狩りなどではCHDリスクを減らすことができなかった。心臓血管系（有酸素的）体力は虚血性心疾患の独立変数となった。

オスロー（ノルウェー）の5つの会社の健康な社員（40～59歳）2,014名を自転車エルゴメーターによる運動耐容能テストによって4段階の体力に区分した研究で⁽⁴⁴⁾、その後16年間に死亡した271名の観察から、年齢, 喫煙, 血圧, 血清脂質, 肥満度を考慮しても有酸素的な体力は虚血性心疾患の独立した予知因子であることを結論づけている。

高齢者の walking

高齢期に入ると人の筋重量, 筋力, 有酸素性体力が低下する上に身体活動量が著しく減少するため体力の低下は一層拍車がかかる。そしてそのことはしばしば退行性疾患や不能に結びつくことがある。一般的に、60歳代以降になると体力は12～16%急激に低下する。そのため、ときに日常生活の活動や社会活動を制約してしまう。適切な身体活動によって VO_{2max}

や筋力を高めることは walking 能力を高め、安全性や自立性および活動性を高めることにつながる。さらに、身体活動によって起こる熱産生は風邪に対する抵抗性を高めるのにも効果的である。心機能の改善といった全身的な効果は顕著に現れるであろう。

脚筋力は高齢者の自立や寝たきりの予防にとくに重要である。脚筋力の著しい低下は体重を支えたり、低い椅子やトイレ便座からの立ち上がり、階段昇降やバスの乗降を困難にさせる。そのためついつい外出を控えることになり、体力が一層低下するという悪循環になる。高齢者の Walking は脚筋力の著しい低下を防いで転倒予防に役立つであろう^(99,111)。神経筋の調整力も walking で改善される。毎日最少 30 分の walking を実践している 70 歳の男女は歩かない人と比べてより容易に階段を昇ることができる⁽¹³⁰⁾。このように階段の昇降を容易にさせる要因はおそらく VO_{2max} や脚筋力、関節可動性の改善によるものと考えられる。

かなりの高齢者でも、とくにレジスタンストレーニングで筋重量が増加するという多くの研究報告がある⁽¹³¹⁾。若年者層と同じように体力の増加はトレーニングの内容にかかっている、Walking はそのように大切であるとされる筋力の著しい増加をもたらすタイプの運動ではない。70～79 歳の高齢者に対する 6 ヶ月間の walking トレーニングはウェイトトレーニングと比較して VO_{2max} の増加に効果的であっても筋力への有意な効果は得られなかった。ただきわめて長期の walking であれば下肢の強化が期待できるかもしれない^(132,133)。そのために、高齢期においても walking 以外に下肢筋を強化するレジスタンストレーニングを取り入れることが必要となるであろう。

Walking は高齢者にとって相対的にリスクフリーの運動である。ある研究⁽¹³⁴⁾で、70 歳代の 57 名の健康男女を対象とする 13 週間 walking トレーニングにおいて、けがが発生したのはわずか 1 件にすぎないことがわかった。当然高度の技術を求められるものではなく、特定の器具を必要とするものでもない。誰もが安全に気軽に行える身体トレーニングの手段である。

軽～中等度程度の運動によって獲得されたそんなに高いレベルでない体力でも、その他のさまざまな効果が期待できる。例えば体重コントロール

によって機能的な能力の改善や、運動不足や低体力の高齢者に見られる高い疾病率の改善をもたらすであろう。座業生活習慣者は彼らの有酸素能力の 30～35% 以上に相当する身体活動をめったにしない⁽¹³⁵⁾。そのような者にとって、 VO_{2max} の 40～60% 強度の運動（普通の速歩とよばれる walking）は心臓血管系の体力を改善させるのに十分な運動となる。今日のように超高齢者社会を迎えると、運動不足/低体力状態を放置することは高齢者の QOL を著しく低下させてしまうので、次の高いレベルの健康状態に移行させることが強く求められる。Walking はその移行に貢献する理想的な運動様式であると考えて差し支えないであろう。

65 歳以上の高齢者の有病率は 65 歳未満の人の有病率のほぼ 4 倍にあたる。それほどに高齢者には疾病が増える。とりわけ心臓血管系の疾患が多い。運動は疾病の第一次予防に機能するが、疾患者は医師の処方を得ながら、積極的に運動参加を経験すべきである。そのような場合の運動として walking は非常に有益な運動療法の役割を果たすであろう。La Croix ら⁽¹³⁶⁾は 1645 名の心臓疾患と重い身体障害を持たない高齢者（65～75 歳）を 4～5 年間観察して彼らの walking 習慣と心臓血管系疾患リスクがもとで入院したり死亡した件数との関係を研究した。まず観察期間前の一定期間に彼らが運動としての walking 以外に、仕事や買い物、そして遊び、

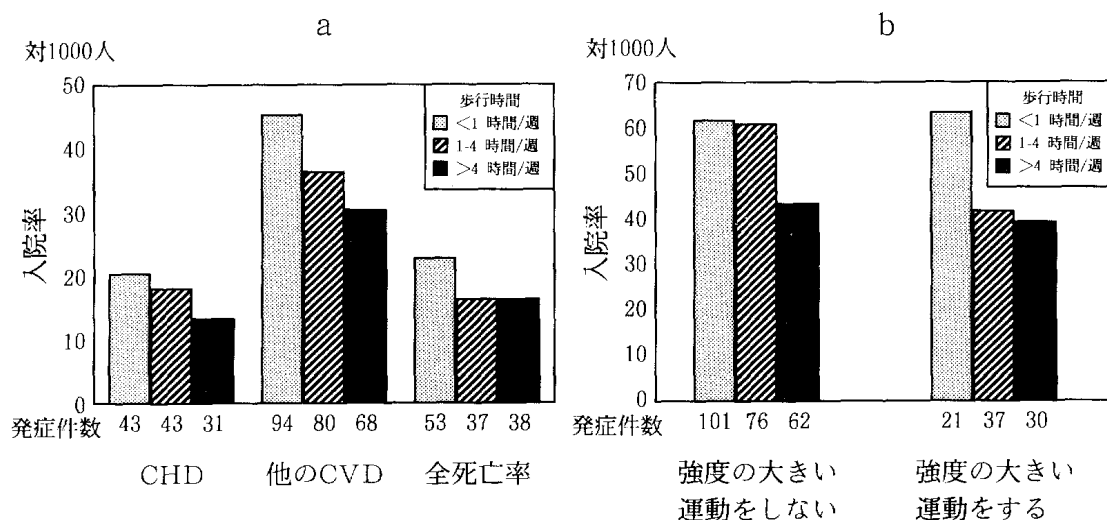


図 11 a, b. 65 才以上男女の 5 年間における (a) 歩行時間と冠動脈心疾患 (CHD) と他の心臓血管疾患 (CVD) による入院率及び全死亡率の関係, (b) walking の他に強度の大きい運動実践の有無と CVD による入院率との関係

(La Croix ら, 1996)

ハイキングなどに歩いた総時間を調べ、それを週当たりの walking 時間に換算した。その結果、週に 4 時間以上の walking 実践男女群は週 1 時間以内の実践群に比べて、心臓血管系疾患による入院のリスクは有意に低いことが明らかにされた（年齢と性で補正した比較リスクは 0.69）。この傾向は観察開始時の心臓血管系危険因子や一般的な健康状態で補正しても影響されることはなかった。同様の傾向が全死亡率においても見られた（年齢・性補正相対リスク = 0.73）。(図 11a)。そしてその研究者たちは上記の結果は、walking が他のリスクファクターを緩和する効果によるものではないかと結論づけている。このような小分けにした walking の積み上げ効果は高齢者の健康維持管理にとってきわめて意義ある知見といえる。ここで興味ある点は、強度の高い運動経験の有無は心臓血管系疾患による入院率に関与していないことである (図 11b)。つまり walking は高齢者にとってすぐれた健康運動といえるのである。

5 Walking と冠危険因子

わが国においては心臓血管系疾患による死亡率は癌に次いで第 2 位であり、米国ではトップにランクされるほど先進国における死亡の主因になっている。冠動脈心疾患 (CHD) / 心筋梗塞発症の主要危険因子は表 V のようである。

アメリカの「疾病管理と予防センター」(Centers for Disease Control and Prevention) がそれまでに発表された 43 の研究をまとめて 1987 年に報告した資料⁽¹³⁷⁾によると、CHD 死亡の 5 大危険因子というのは、その危険度の順に列記すると高脂血症、運動不足、肥満、高血圧、喫煙となる (図 12)。

表 V. CHD 発症の危険因子

| コントロール可能 | | コントロール不可能 |
|----------|------|-----------|
| メジャー | マイナー | メジャー |
| 喫煙 | 糖尿病 | 遺伝 |
| 高血圧 | 肥満 | 加齢 |
| 高脂血症 | ストレス | 性 |
| 運動不足 | | |

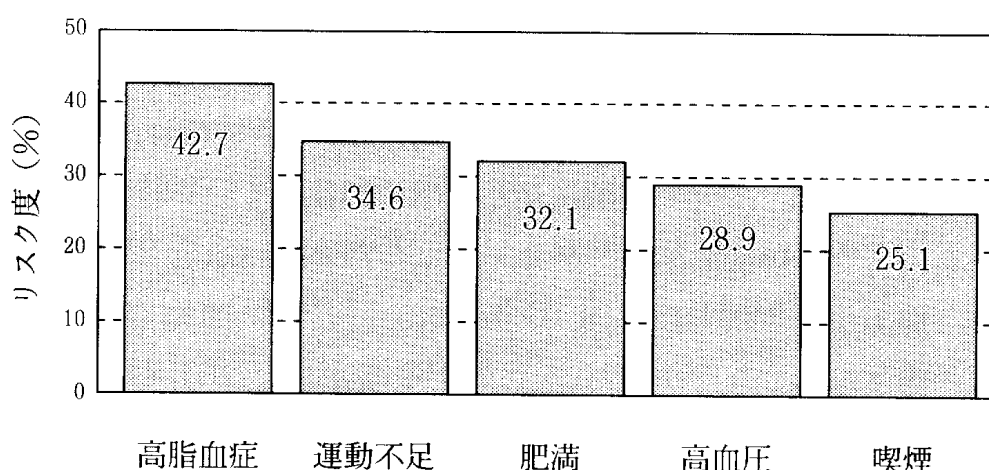


図 12. 冠動脈心疾患死の 5 大危険因子とその影響度

(U. S. Health and Human Services, 1996)

以下、高脂血症、高血圧症と walking の関係を検討してみることにする。

Walking と高脂血症の改善

高脂血症とは、血液中のコレステロールや中性脂肪が高くなる疾患である。コレステロールや中性脂肪は、血液中ではたんぱく質とリン脂質に覆われた粒子で運ばれる。比重の低い順に VLDL (超低比重リポ蛋白), LDL (低比重リポ蛋白), HDL (高比重リポ蛋白) に区分される。CHD のリスクである中性脂肪は VLDL によって運ばれるのであるが、その他に、おもに肝臓で合成されたコレステロールを全身の細胞に運ぶ LDL (LDL コレステロール) が多いと動脈硬化を起こしやすい。それゆえ悪玉コレステロールとよぶ。これに対して全身の細胞からコレステロールを肝臓に戻す HDL (HDL コレステロール) が多いと動脈硬化がすすみにくいので善玉コレステロールとよばれる。この HDL コレステロールと LDL コレステロールのトータルを総コレステロール (T-C) とよぶ。高脂血症では主として高コレステロール (特に高 LDL コレステロール血症) と低 HDL コレステロール血症が問題になる。

多くの疫学研究は余暇時の活発な身体活動と全死亡率や CHD リスクの低下との関連を報告していて^(30, 44, 126, 127, 128)、運動が CHD リスクを軽減させる機序として血清脂質やリポ蛋白の改善が指摘されている^(45, 138)。有酸素運

動によって高まった血漿 HDL-C (高比重リポ蛋白コレステロール) 高値が CHD 予防に強く影響する⁽¹³⁹⁾。女性において HDL-C が 0.26 mmol/L (10 mg/100 ml) 増加すると CHD リスクの 42 ~ 50% 減につながるといわれる^(148, 149)。実際、活発に有酸素運動習慣を形成している者や、長距離ランニングのような持続運動のアスリートに非常に高い血漿 HDL-C 値が観察され、座業生活習慣者の HDL-C 値は低い^(129, 140, 141)。また HDL コレステロールの総コレステロール (T-C) に対する比 (T-C/HDL-C) の低い値が有酸素運動実践者に見られ、その比は動脈、とくに冠動脈硬化度を表すのに総コレステロールより優れた指標とされ、その比は 4.0 以下が望ましいとされている⁽¹⁴²⁾。しかし、運動トレーニングが HDL-C に及ぼす効果を検索した研究が全て一致した結果を示しているわけではない。その理由は、トレーニングに用いられた運動の強度や期間、HDL-C の初期値、食事の摂取状況、トレーニング中の身体組成の変化などの要素がその増減に影響するからである。

長距離ランニングのような高いレベルの有酸素運動が HDL コレステロールを高めるのに機能することで意見の一致を見ることができが、walking のような中等度の運動ではどうなのであろうか。幅広い年齢層の男女において walking トレーニングは HDL-C を増加させ^(22, 56, 143, 144, 145, 146)、T-C/HDL-C 比を下げる^(144, 145, 146, 149)のに効果的にはたらくようである。Tucker と Friedman⁽¹⁴⁵⁾ は男性に対する上記の血清脂質の改善は体力に関係なく週に 2.5 時間の walking 習慣で可能であるとしている。女性では週 2.6 ~ 3.0 時間で効果が得られている^(16, 146)。つまり、エアロビック体力を高めるような高いレベルの強度でなくても血清脂質の改善が可能のようである。それは有酸素性体力を高めることとは異なるメカニズムにもとづくのであろう。女性においても類似した報告がある⁽²²⁾。24 週間の walking トレーニングの結果、速歩の“エアロビック walking”群が VO_{2max} を 16% 改善させたのに対して、“ぶらぶら歩き”群は 4% の増加にとどまった。しかし、1 日 4.8 km、週 5 日のトレーニングプログラムにおいてぶらぶら歩き群にエアロビック walking 群と同様の HDL-C の増加を観察することができた。このような知見から、高脂肪血症患者の治療として walking が推奨されねばならないが、walking ペース (強度) より walk-

ing 量がより重要視されるべきと考えるのがよいであろう。しかし、すでに述べたように、walking の血清脂質改善への効果はかならずしも一致したものではない。過体重の女性 (平均年齢 36 歳) を対象とする brisk walking トレーニング (45 分/日, 5 日/週, 15 週間) で, 研究者らは過体重者には中等度の運動は HDL-C を増加させるのに十分でないと結論している⁽¹⁵¹⁾。さらに, 1 日 30 分ほどの brisk walking (分速 100 ~ 120 m) を 1 年間行った正常体重の男性でも, HDL-C の変化が起こらなかった⁽¹⁵⁰⁾。それは参加者の HDL-C 値がすでに平均値以上に高いレベルにあったからではないかと推論された。

前述のように, 女性も男性と同様に walking トレーニングで HDL-C を増加させることが可能であるとした研究報告がいくつかあるが⁽¹⁵²⁾, 多くが女性対象の場合にはトレーニングによる HDL-C 改善の程度は低いか, もしくは見られないとする報告を行っている。その根拠として, 女性の HDL-C 値はもともと男性のそれより高値にあるから中等度かそれ以下の運動では刺激として弱いことを指摘している。つまり, 女性の HDL-C 値がもともと高いレベルにあるため少々の運動では改善されないというのである^(54, 82, 151, 153, 160)。したがって, 女性に対して walking をはじめとする他の有酸素運動のトレーニングで HDL-C の改善が見られない場合には運動負荷をさらに高いレベルに設定することが望まれる^(153, 154, 155, 156, 157)。中等度レベルの体力を有する若年女性ランナーがマラソンに出るための準備としてそれまでのトレーニング距離を大幅に増やしたことで HDL-C 値を有意に高めることができた^(157, 158)。しかし, このことは高年齢者や過体重者にとって望ましい運動処方ではない。したがって, もともと高値の HDL-C を持っていればそれ以上に高める必要はなく, 現実的な walking レベルの運動習慣によってそれ以外の健康を高める要因の改善に関心に向けるのがよいのではないか。

Walking トレーニングによって血清総コレステロール値^(26, 146, 161, 163) および LDL-C^(22, 26, 161, 163) 値が改善 (減少) されるという報告はないわけではないが, 一般的に walking をはじめ運動のトレーニングはそれら T-C および LDL-C の減少に影響を及ぼさない傾向にある^(20, 81, 151, 154, 155, 159)。運動による T-C や LDL-C の改善が見られた研究は同時に運動参加者の体重または%

体脂肪の減少を報告している。したがって、血清脂質の改善には過剰な体脂肪量を減少させるのに十分な運動量をこなすことが求められる。

高脂血症の原因となるもう一方の要素が血中の中性脂肪 (triglycerides = TG) である。コレステロールが細胞膜やホルモンなどの成分となるように、TG もエネルギー源として利用されるなど、人体にとって不可欠なものであるのだが、食生活の欧米化や運動不足などで体内に増え過ぎた現代人に動脈硬化の元凶となっている。この TG 高値の改善に運動がどのように寄与するかについては明白ではないが、何人かの研究者が walking トレーニングや walking 習慣が T-G の改善に有意にはたらく^(26, 51, 147, 152, 162)としており、併せて TG の減少と運動による体脂肪量の減少とに有意な相関が指摘されている^(143, 153, 163, 166, 167)。すなわち、体重減量は TG 改善にたいする独立影響因子となる。Stevenson ら⁽¹⁶⁶⁾はやや肥満ぎみの男女に対する walking プログラムで 26% の体重減に対して 23.6% の血清 TG の減少を報告している。高値の血清 TG が walking によって下降する機序として、walking はダイナミックな有酸素運動であるため、運動筋の血液マイクロ循環が改善されることで、中性脂肪を多く含むリポ蛋白 (VLDL) が毛細血管のルミナール面で加水分解されてそのことが HDL の増加に機能するからであろうと考えられる。他方、walking による TG 改善が見られないとする知見も何件か報告されている^(20, 151, 154, 155, 156, 164, 165)。

上記のように運動習慣や長期運動トレーニングによる血清脂質及びリポ蛋白の健康的改善は 1 回の運動による急性効果の長期にわたる慢性適応の結果にもとづくものである。1 回の軽～中度の長時間 walking によって総コレステロールと悪玉 LDL-C および TG の減少が報告されている^(170, 174)。

1 回の急性効果を得るには 1 時間以上の長時間有酸素運動でなければならないようである。しかしその強度はランニングレベルの負荷がよいとされているが^(172, 173)、食後に最大酸素摂取量の 30% 程度の軽い walking を 2 時間行うことでも、上昇した血漿中性脂肪が運動後 1.5 ～ 2 時間あたりからベースライン値より 1/3 低下するという報告がある⁽¹⁷¹⁾。しかし、運動終了直後では TG 濃度がベースライン値より高くなる傾向が見られる。これは長時間の有酸素運動による脂肪組織の脂肪分解を反映するものと考えらる。

この項目についてまとめてみると、高脂血症改善に関してすべての研究が walking の効果を報告しているわけではないが、中年齢者においては、心筋梗塞のリスクと習慣的に行う walking の量およびペースとの間には疫学的関連性が認められる。前述の Harvard Alumni 研究⁽⁴⁷⁾では、walking 量を週当たり約 5 km から週当たり約 15 km に増加させることで全死亡（圧倒的に虚血性心疾患が多い）の死亡率が 21% 減少する。また、英国公務員研究⁽¹¹⁹⁾では、walking ペースを 6.4 km/時 (107 m/分) に速めると、遅いペースのウォーカーより心筋梗塞の発症率が低くなる。さらに、British Regional Heart Study⁽³⁹⁾ は通勤時に 1 マイル (1.6 km) 以上歩く者は歩かない者に比べて虚血性心疾患のリスクが低いことを見出している。

Walking と高血圧症の改善

高血圧は循環器疾患（脳血管障害、虚血性心疾患）や腎不全などの重要な危険因子である。14 年間の生死と死因を調査したコホート研究⁽¹⁷¹⁾によると、脳血管障害による死亡率は 30 歳～64 歳の年齢階層で収縮期血圧（最高血圧）のレベルが上昇するにつれて増加し、収縮期血圧のレベルと虚血性心疾患死亡率との間にも用量－反応関係がみられた。また、血圧が 140/90 mmHg を越えると上記の疾患を形成するリスクは 2 倍に高まり、血圧値が 160/95 かそれ以上に達するとリスクは最小 3 倍になるとされる。癌について主要死因となっている循環器疾患の中心的危険因子である高血圧は高脂血症と同様に適切な値にコントロールしなければならない。

高血圧の動向。 表 VI は 1990 年の国民の生活基礎調査で厚生省保健医療局がまとめた 30 歳以上の日本人の高血圧の頻度である。ただし、得られた血圧値はただ一度の測定による随時血圧であり、降圧薬服用の有無は考慮されていない。従来から指摘されているように、高血圧および境界域高血圧の頻度は年齢が高くなるにつれて増加している。ところが、1980 年と 1990 年の値を比較してみると、高血圧、境界域高血圧の頻度はあきらかに近年減少の傾向にある。この高血圧有病率の減少には、降圧薬服用を含む高血圧管理の普及が寄与したものと推定される。事実、循環器疾患基礎調査成績では、高血圧者の服用率の推移は 1980 年と 1990 年でそれぞれ男性 38.7%, 48.1%, 女性 52.8%, 63.8% と増加していることが報告されてい

表 VI. 血圧区分の推移, 性・年齢階級別

(単位: %)

| | | 男 性 | | | 女 性 | | |
|-----------|--------|------|------|------|------|------|------|
| | | 正常 | 境界域 | 高血圧 | 正常 | 境界域 | 高血圧 |
| 全年齢階級 | 1980 年 | 50.5 | 25.8 | 23.7 | 60.6 | 22.3 | 17.1 |
| | 1990 年 | 52.3 | 25.1 | 22.6 | 59.5 | 23.7 | 16.8 |
| 30 ~ 39 歳 | 1980 年 | 75.2 | 16.0 | 8.8 | 88.9 | 8.3 | 2.8 |
| | 1990 年 | 78.1 | 15.2 | 6.7 | 90.8 | 6.4 | 2.8 |
| 40 ~ 49 歳 | 1980 年 | 54.6 | 25.8 | 19.6 | 69.0 | 19.2 | 11.7 |
| | 1990 年 | 61.7 | 21.2 | 17.1 | 72.2 | 18.0 | 9.7 |
| 50 ~ 59 歳 | 1980 年 | 42.2 | 29.4 | 28.4 | 49.7 | 29.5 | 20.9 |
| | 1990 年 | 48.0 | 25.8 | 26.3 | 53.1 | 28.3 | 18.6 |
| 60 ~ 69 歳 | 1980 年 | 31.5 | 32.5 | 36.0 | 34.9 | 34.6 | 30.5 |
| | 1990 年 | 36.8 | 36.8 | 31.9 | 38.8 | 35.1 | 26.1 |
| 70 歳以上 | 1980 年 | 23.3 | 33.1 | 43.6 | 25.9 | 33.1 | 41.0 |
| | 1990 年 | 30.4 | 35.4 | 34.2 | 28.8 | 36.5 | 34.8 |

(上田, 1998)

る。

医学の進歩とともに, すぐれた降圧剤の開発によって血圧のコントロールが十分できるようになったことは健康生活の支障を著しく減らしてきたことは確かである。しかし, 薬物の長期服用による副作用の問題が片方でもち上がり, 人々の QOL の低下にもつながりかねない。そのため, できるならば非薬物療法で血圧を健康ゾーン内にコントロールすることが望まれる。非薬物療法としてよく知られているのが運動, 減塩, 減量, 飲酒制限などであるが, なかでも運動はもっとも重要な手段である。

運動の降圧効果に関する疫学的研究。 運動不足が高血圧の成因の一つであるかは最近まで明確ではなかった。しかし, 近年, 運動による降圧効果と降圧機序が実証される報告が次々に出され, 1989 年の WHO 報告でも, 非薬物療法として, 減塩, 減量, 飲酒制限に運動が加えられるようになった。運動が大変重要な降圧療法である理由は, 運動にともなう交感神経活動の低下および血管拡張, 利尿作用などの機能の他に, 減量, 糖耐性の改善, 精神的緊張の緩和など, それぞれ肥満, 糖尿病, ストレスなどの動脈硬化促進因子に対しても良い効果をもたらすからである。

全ての研究が運動が血圧を下げるのに効果的とはしていない⁽¹⁸⁴⁾が, 数々

の疫学的研究は中年齢者層において高血圧の発症と体力または身体活動レベルとの間に負の関係を示している^(35, 177, 178, 185, 186)。Harvard Alumni Study⁽³⁵⁾によると、インアクティブな者はアクティブ習慣者より高血圧症に対するリスクは35%大きい。別の研究⁽¹⁷⁷⁾でも低体力者の高血圧症の比較危険度は高体力者の1.52となっている。エアロビック運動の効果を報告した25の研究をまとめたHagbergの総説⁽¹⁷⁸⁾で、エアロビクトレーニングは血圧を平均して10.8/8.2 mmHg下げるとしているが、ここでも降圧効果が得られたのはそれらの研究の2/3であって全てが運動の降圧効果を報告しているわけではない。拡張期血圧(最小血圧)の基準による高血圧患者は運動トレーニングで収縮期と拡張期の両血圧に大きな降圧が見られるが、軽症高血圧者では運動によって血圧は正常範囲値に戻るがそれ以上の降圧は期待できない⁽¹⁷⁹⁾。

高血圧患者に対する運動療法によるポジティブな結果は頻繁に体重の減少と関連するようであり、その他にも運動習慣を持つことで禁煙生活に入ったり、飲酒を制限したり、あるいは睡眠状況が改善されるなど運動をすることで運動以外の面までも望ましい方向に改善したライフスタイルによって不正常な血圧が正常値に下がることは確かであろう。したがって、降圧に対する運動だけの効果を知ることは大変むずかしいわけであるが、運動することでその他のリスクを同時に改善させることが運動習慣の重要な効用でもある。

Walking は血圧コントロールに十分な運動となるか? 運動の降圧効果を紹介する研究の多くはかなり強度の高い運動(vigorous exercise)をその媒体手段に用いている。Walkingのように強度の低い運動(low-intensity)は他の運動と同様に、高血圧を下げるのに効果的であろうか。一般に高齢者の高血圧患者は冠動脈心疾患をかかえていたり、運動に不慣れの者であるので、walkingのように低強度で高いレベルの技能を必要としない運動は大変好都合である。さらに、強度の大きい運動と比べてwalkingには運動中の心不整脈や虚血、そして突然死が低い⁽¹⁷⁶⁾。International Proceedings and Consensus Statement⁽¹⁸³⁾によると、コントロール群に対してwalking群は収縮期/拡張期血圧を平均して、正常血圧群、境界域高血圧群、高血圧群でそれぞれ3/3 mmHg, 6/7 mmHg, 10/8

mmHg 下降させるようである。Walking 習慣でこのように血圧コントロールが可能であるとするならば、日本をはじめとする先進工業社会で特徴的な中年期に入ると血圧の上昇が起こるのが普通である環境に生きる者にとって walking の価値は大きいといえる。

Walking の降圧効果を検索したほとんどの研究は研究の被検者に血圧が正常範囲 (normotensive) にある成人を用い、わずかではあるが、有意な血圧降下を報告している^(56, 75, 77, 82, 180, 181)。その中で、Kingwell と Jennings⁽¹⁸¹⁾ は最大作業能力 (Wmax) の 80 ~ 90% の高強度自転車運動 (15 分, 5 日/週) および 65 ~ 70% Wmax の中強度自転車運動 (30 分, 3 日/週) と 50% Wmax の walking (1 時間, 5 日/週) を比較して、4 週間トレーニング後のベースライン値からの降下が最も大きかったのは中強度自転車運動であって、walking は有意ではあるが降下の度合いは小さいとしながら、高強度の自転車運動では効果が見られなかったと指摘している。このように、血圧が正常範囲にある (normotensive) 者に対しては walking による降圧の影響は小さいが、高血圧者に対しては同じ 50% VO_{2max} の強度の 1 時間 walking トレーニングで 20 mmHg/ 12 mmHg の降下が観察されている⁽¹⁸²⁾。50% VO_{2max} の walking は有酸素性体力を高めることに効果的なミニマム強度ということで多くの一致を見ているが、このレベルで高血圧の改善が得られ、高強度になると (80 ~ 90% max) 改善が見られない理由ははっきりしないが、高強度運動ではカテコールアミン、バソプレシンなどの血圧を上昇させるホルモンの分泌を招くので、むしろ軽~中強度の負荷で、昇圧物質を分泌させずに Na 利尿と血管拡張をもたらす降圧因子をもっぱら分泌させることが血圧改善にむすびつくのではないか、事実、運動強度が VO_{2max} の 70% 以上の強度のトレーニングでは血圧降下が観察されていない。軽症高血圧 (140 ~ 159/ 90 ~ 99 mmHg, 米国合同委員会第 5 次報告) の改善に対する walking 効果も多く報告されている^(179, 187, 188)。Walking トレーニングによる血圧改善が体重の減量と結びつくケースが多いが、減量をともなわない場合もある^(181, 182)。

高齢者の血圧コントロール。 高齢者社会において高齢者の健康管理はいままで以上に重大になってきた。Walking は血圧のコントロールのみならず、全身持久性の低下を抑え、なおかつ安全性が高いため、高齢者の

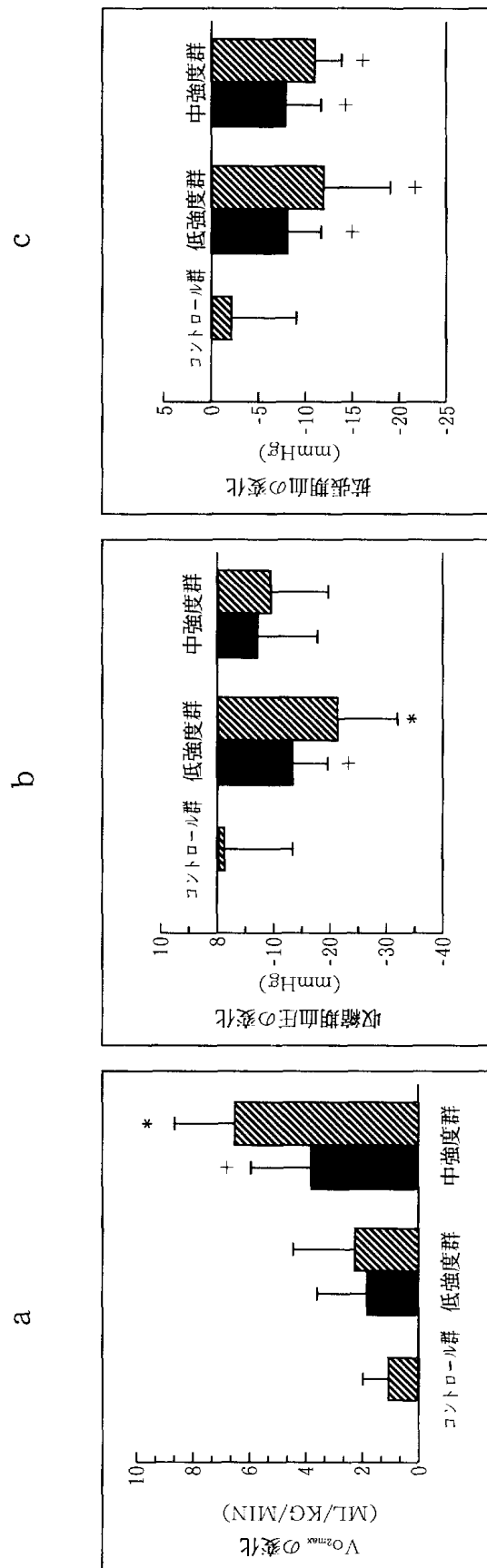


図 13 ウォーキングトレニングによる最大酸素摂取量の変化 (a),

収縮期血圧 (b) 及び拡張期血圧 (c) の変化。

黒棒は 3 ヶ月後, 斜線棒は 9 ヶ月後。+印はコントロール群より $P < 0.05$ で有意,

*印はコントロール群と低強度群より $P < 0.05$ で有意を示す。

(Hagberg ら, 1989)

QOL を高めるのにもっとも適した健康運動であると考えられる。すでに記述したように、中年齢者層においては、習慣的な運動と血圧の間には負の関係が認められる。しかし、その関係は血圧への体重と体脂肪の影響で弱められる⁽¹⁸⁹⁾。中年齢者と比べてより不活動的である高齢者では増加した体脂肪が血圧コントロールに不利にかかわることになる。高齢、少ない身体活動、オーバーウエートの要素が重なると高血圧が現れやすくなる⁽¹⁹¹⁾。高齢者を対象にした研究は多くはないが、中年齢者群と同様、身体的に活動的な高齢者は非活動的な対照者より低い血圧を示す⁽¹⁹⁰⁾。有酸素運動である walking は軽症高血圧高齢者においても収縮期血圧および拡張期血圧をそれぞれ 5 ～ 25 mmHg, 3 ～ 15 mmHg 下げる^(182, 185)。33 名の高血圧高齢男女（平均 64 歳）に 9 ヶ月にわたる walking プログラムが提供され、低強度群（53% VO_{2max} ）と vigorous 運動群（73% VO_{2max} ）でそのトレーニング効果が検討された⁽¹⁸²⁾。その結果、低強度の walking 群では有酸素性体力（ VO_{2max} ）は有意に増加しなかったが、 VO_{2max} を有意に増加させた vigorous walking 群と比べて、収縮期血圧はそれ以上に、拡張期血圧はほぼ同じレベルにそれぞれ下降した（図 13）。このように高齢者を対象にする血圧コントロールのための運動には、中年齢者を対象とするときと同様、walking のような低強度の有酸素運動が適している。50 ～ 70% VO_{2max} 強度の walking 習慣は 70 ～ 79 歳の高血圧高齢者に対しても血圧降下に有意に作用する（4 / 5 mmHg）⁽¹³³⁾。なお高血圧高齢者に対するウエートトレーニング処方では降圧降下は得られていない。

Walking は運動処方のごく簡単であるということから、運動療法や高血圧予防の面での集団指導/教育に勧められる効果的な運動といえる。Walking の運動療法としてのもっとも大きな価値はその高い安全性であろう。運動強度が高くなると、心臓突然死の可能性が増す⁽¹⁷⁶⁾。そして特殊な用具を必要としないし、仲間を必要としないことなども継続性の面で価値あることである。

Walking と糖尿病の予防・改善

今日の日本人糖尿病患者は推計で 690 万人で、予備軍を含めると 1370 万人に達する（年厚生省の 1997 年実態調査）。アメリカでも 20 歳以上の成

表Ⅶ. 糖尿病有病率

| | |
|--------|-----------|
| 30 歳台 | 1 ～ 2 % |
| 40 歳台 | 2 ～ 5 % |
| 50 歳台 | 6 ～ 10 % |
| 60 歳台 | 10 ～ 15 % |
| 70 歳以上 | 15 ～ 20 % |

(井藤, 1992)

人で 1200 万人ほどになり、三番目に高い死因となっている。糖尿病はインスリン依存型糖尿病 (IDDM) とインスリン非依存型糖尿病 (NIDDM) に区分され、NIDDM は日本人成人糖尿病の 95% 以上を占め、遺伝、肥満、過食、ストレスなど、生活習慣病の一つになっている。ここでは NIDDM と walking の関係について検討することにする。

糖尿病は加齢とともに増加する傾向が見られる (表Ⅶ)。それは加齢とともに、身体の中での糖質の代謝状態は、糖尿病を発症するほど悪化していなくても軽度に障害され、若年者と比較すると糖尿病により近い状態となる。その機序として、老化に伴いインスリンの分泌が障害される、末梢組織のインスリン感受性が低下することが大きな原因と考えられる。老化に伴い糖質をおもに代謝する筋肉組織が減少することや、運動量が少なくなることがおもな原因のようである。原因が何であれ、糖代謝状態がもともと軽度に障害されている高年者では、肥満、ストレス、運動不足といった糖代謝を悪化させる要因が加わると、若年者よりもより簡単に糖尿病が発症することになるであろう。高齢化が今後さらにすすむ我が国においては、高齢者の糖尿病は深刻な問題ともいえる。2025 年には 65 歳以上の高齢者は総人口の 20% を超すと推定されているが、そのように多い高齢者の 15% ～ 20% が糖尿病を抱えたとしたら、医療費の面や高齢者の QOL の面で大変な事態とみなさねばならないであろう。

運動の NIDDM 予防効果。 先に述べたように、NIDDM を発症させる最も強力な要因は肥満、加齢⁽¹⁹³⁾、糖尿病の家族歴で、少し弱くなるが高血圧⁽¹⁹⁴⁾と高脂血症⁽¹⁹⁵⁾も影響因子となる。ダイエットと体重減量とならんで運動は NIDDM 管理に勧められてきた。米国ペンシルバニア大学卒業生へ

ルス研究⁽¹⁹⁴⁾の結果は身体活動が NIDDM 予防に重要な役割を果たすことを強く示唆している。運動が NIDDM の予防に効果的である根拠は、第一に身体的に活動的な社会には身体活動の少ない社会より NIDDM 発症が低い⁽¹⁹⁶⁾。第二に身体活動はインスリン感受性を高め⁽¹⁹⁷⁾、習慣的に実践する walking などの持続運動は体重を減らし糖耐性を高める^(140, 198)。第三に、身体活動と NIDDM 発症率との間には負の関係が見られる^(199, 200)。Pennsylvania Alumni Health Study において、余暇時間の身体活動量が最低の 500 kcal/週以下から 3500 kcal/週以上に増加すると、糖尿病発症率は約 50% 減少することがわかった。そして、高血圧の場合とはやや異なり、活発な身体活動は walking のような軽～中度運動より強い影響因子となるようである⁽²⁰¹⁾。この身体活動量 (walking, 階段昇り, スポーツ活動などの総量) の予防効果は NIDDM に対する別のリスクファクターである肥満, 年齢, 高血圧歴, 糖尿病の遺伝要素に独立した要因となる (図 14)。週

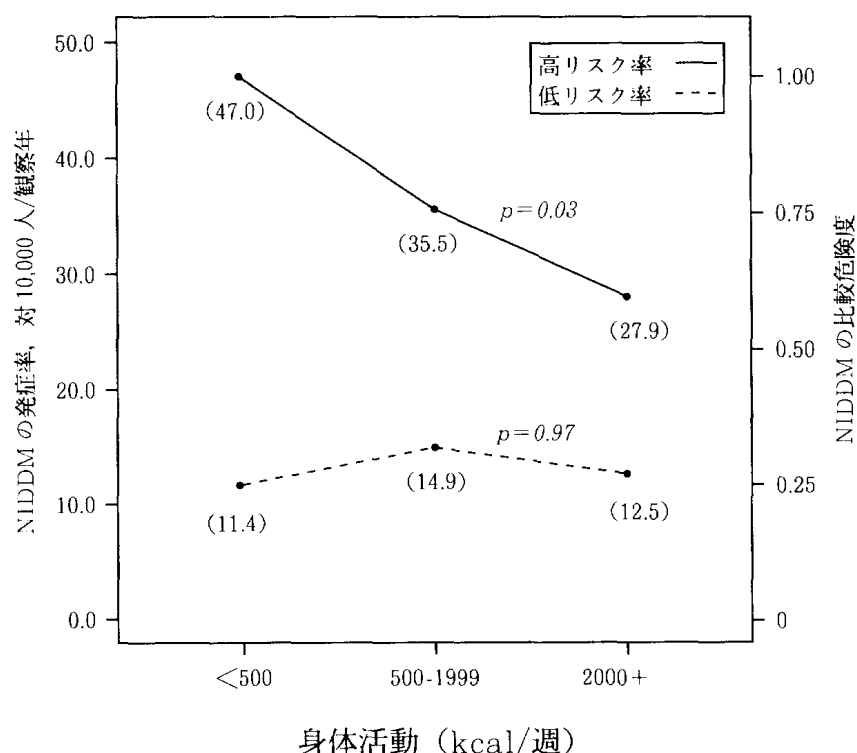


図 14. ペンシルバニア大学卒業生 5990 名をハイリスク群 (2634 名中 135 名の NIDDM 患者) とロウリスク群 (3356 名中 67 名の NIDDM 患者) の補正発症率と比較危険度。

ハイリスク群とは次の要素を少なくとも一つ保有するもの: 1) BMI が ≥ 25 , 2) 高血圧歴, 3) NIDDM の家族歴。ハイリスク以外の者は全てロウリスク群に入れる。

(Helmrich ら, 1994)

あたり 2000 kcal のエネルギー消費は、体重 75 kg の男性では約 1 日 30 分のジョギング、スイミング、テニスや 1 時間の walking で達成される⁽²⁰²⁾。

この Pennsylvania Alameda County Health Study が示した運動の糖尿病発症予防効果は引き続いて行われた二つ大規模な疫学研究で強く支持された。週に最小 1 回の活発な運動に参加しているアメリカ中年女性の 8 年間の糖尿病発症の年齢補正による比較危険度は運動を全くしない対照者の 0.67 ($P < 0.0001$) であり⁽²⁰³⁾、男性においても 5 年間の観察で、週に最小 1 回の運動習慣者の年齢と BMI 補正の比較危険度はそれ以下の対照群の 0.71 ($P = 0.0003$) と低くなる⁽³³⁾。このような結果をもとにして研究者たちは walking や階段昇りを含めた身体運動は NIDDM の他のリスクファクターとは独立して NIDDM 形成を減らすのに重要な役割を果たすと結論づけた。

フィンランドの中年男性の研究⁽¹⁹⁴⁾においても、中強度 (≥ 5.5 Mets) の運動を週最少 40 分以上習慣化している者には NIDDM 発症率は有意に低いことが認められている (オッズ比 0.44)。また、英国郵便配達員の心筋梗塞による死亡率が一般公務員のそれより低いことはよく知られている (前述)。糖尿病においても同様の傾向が見られた。統計資料が完全ではないが、1979 ~ 1980 年と 1982 ~ 1983 年における、1 日平均 3 ~ 4 時間、週に 5 ~ 6 日歩く郵便配達員 (あまり歩かない郵便仕分け業務員も含まれていた) の糖尿病標準死亡率は全国死亡率の 71% であった⁽¹⁶⁹⁾。減少率が予想外に低かったのは郵便集積所の仕分け業務員やインスリン依存型糖尿病 (IDDM) によって死亡した若年者、それに 60 ~ 74 歳高齢者の死亡が含まれていたからであろう。

Walking の筋活動を起こす主要な代謝燃料は血糖と血中遊離脂肪酸である。Walking トレーニングによって血中インスリン濃度が低下したにもかかわらず、運動筋の糖摂取が刺激されるのはインスリンの感受性が高まり、糖耐性が高まったことを示すものである⁽²¹⁴⁾。NIDDM の主要障害はインスリン抵抗である。骨格筋はインスリン感受性を有する組織であり walking や Jogging はからだ全体の筋肉の半分以上に関与するため、糖尿病、とりわけ NIDDM の予防および治療に効果的な手段となる。一回の walking または Jogging で高まったインスリン感受性への急性効果は運

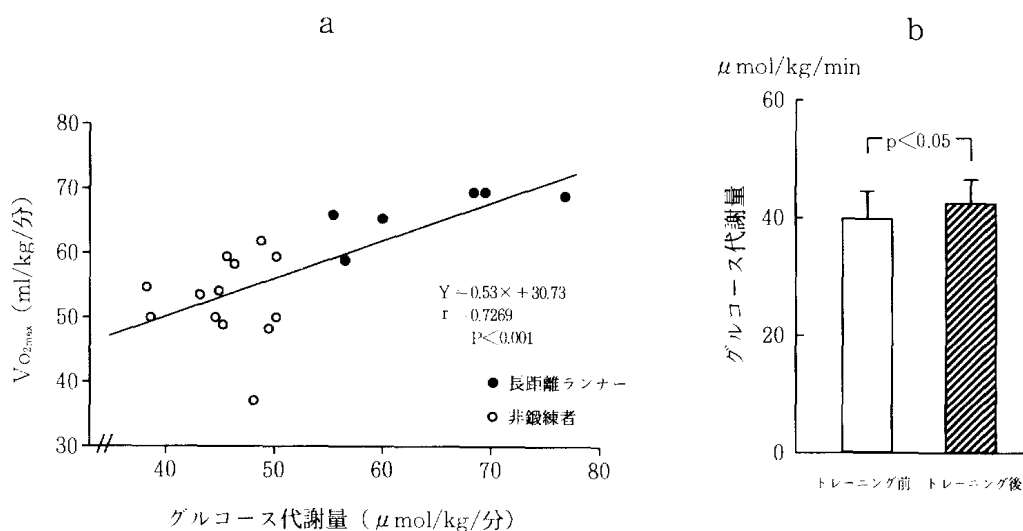


図 15. (a) グルコース代謝量と最大酸素摂取量 (VO_{2max}) との関係。

(b) ランニングトレーニング前と後のグルコース代謝量

(インスリンクランプ法による)

(Sato ら, 1986)

動終了後 48 時間まで持続され、その累積が予防と治療の効果を実らせるのである。Walking は比較的生活習慣に取り入れやすいので、walking は糖尿病が急増する今日の主要な健康運動と言える。

すでに触れたように、体重増加は NIDDM の強力な予測因子である^(32, 215)。事実、全 NIDDM 患者の 80% が肥満者である⁽²⁰⁵⁾。脂肪組織はインスリン非感受性の主要な部位であり、ほとんどの肥満者はインスリン抵抗性を高めるか、糖耐性を低下させている。そのために、運動、特に持続運動は適正体重を維持させるという面においても NIDDM 予防に貢献する。しかし、肥満者において運動トレーニングは体重の変化とは無関係に糖耐性と作業能力の改善をもたらすとする報告もある^(81, 209, 216)。体重増加が NIDDM 発症にかかわる生物学的機序はおそらく脂質代謝異常や高濃度の低比重リポ蛋白 (LDL) と関連するものと考えられる。運動による減量は NIDDM 予防効果とは別に、心血管系疾患に係するリスクファクターを減らすという効果につながるので、運動療法は薬物に依存する治療法に勝るわけである。

長距離ランナーや身体的に鍛練を積んだ中年男性の血中インスリン濃度は健常座業習慣者より低く⁽²⁰⁶⁾、よく鍛練した運動選手は糖代謝の面だけではなく脂質代謝の両面から高いインスリン感受性を示す^(207, 208, 227)。糖代謝量

は有酸素性体力 (VO_{2max}) レベル有意な相関を持ち (図 15-a), 非鍛練若年者に対する 1 日 4 km, 週 5 日, 1 ヶ月間の持久性トレーニングで糖代謝は 4.7% 増加した (図 15-b). したがって, NIDDM の第一次予防として規則的に行う運動が大いに推奨されるのである。運動が糖尿病の治療に直接の効果を有することは古くから知られていることで, 1920 年代に出版された研究誌⁽²¹¹⁾にすでにインスリン濃度を下げるのに運動がよいことが報告されている。運動がインスリン感受性を高めるのに効果的であることがそのように古くから知られていたのである。インスリンの感受性と運動鍛練についてのいくつかの前向き研究^(209, 216, 217)や横断的研究^(208, 218, 219)は, 身体トレーニング後に健常者と糖耐性欠損者の両方において循環インスリン濃度が明白に減少したことを示して, 運動のインスリン感受性への効用を報告している。その生理的根拠にアスリート⁽²⁰⁷⁾においても非アスリートで運動トレーニングを積んだ者にも⁽¹⁹⁷⁾, インスリンとその受容体との結合力が高まることが考えられる。関心は, アスリートを別として, 通常の者にとって, このインスリン感受性を高めるにはどれほどの強度の運動が必要となるかに向けられる。これまでに引用した研究をまとめてみると, 高い持久性または心血管系体力を高めるのに求められるような高い強度は必要でなく, 軽～中強度運動で十分のようである。すなわち, brisk walking なら十分だと言える。もっとも大切なことはその運動を生涯にわたって長く続けることである。短期間の激しい身体トレーニングより長期にわたる中等度運動に大きな効果が期待できる。

NIDDM 患者は心血管系疾患発症に対するリスクを 2～4 倍高める。一般に NIDDM 患者は低濃度 HDL-C, 高濃度 TG および LDL-C で特徴づけられる⁽²¹⁰⁾。運動はこれらの血中脂質を好ましい方向に改善させることができる。インスリン高値は血管壁の筋層中膜の肥厚をもたらす。これは NIDDM 患者の高血圧形成に関与するわけであるが, 運動によるインスリン感受性の高まりはインスリン濃度を下げることに機能するので中膜肥厚の影響は減って血圧は下がる。そして結果として高血圧の改善に結びつくことになる。

上記に引用した諸研究の結果をまとめると, NIDDM は運動習慣を確立させることで大幅に予防でき, とくに肥満, 高血圧といった NIDDM の高

いリスクを保有する者は運動でのエネルギー消費を増すことが大いに勧められる。

NIDDM の運動療法と運動処方。 これまでに II 型糖尿 (NIDDM) に対する運動の有益性をいろいろの面で考察した。今日糖尿病患者に対する運動療法はかなり浸透してきている。運動による積極的治療は特定の条件を満たした運動施設で行なわれる場合、税金控除の対象にもなる。しかし、運動をすることにおいて、自体が悪化するケースがないわけではない。運動療法の第一ステップは専門医の検診と処方が欠かせない。

運動禁忌の判定を受けない者に対する運動処方についてコンセンサスが得られている原則について概説してみる。NIDDM 患者に対する運動の効果を報じるほとんどの研究は有酸素 (エアロビック) 運動を用いている。ほとんどの患者に適応される運動メニューとして、 VO_{2max} の 50 ~ 70% 強度の有酸素運動で、日に 20 ~ 60 分の持続時間、週に 4 ~ 7 日の頻度が望ましいとされる。Walking はこの処方の強度に適する運動である。佐野⁽²¹²⁾ は糖尿病 (II 型) の運動療法で、改善効果判定として、ブドー糖負荷試験累加血糖値低下率 $\geq 15\%$ (糖代謝)、総コレステロール低下率 $\geq 10\%$ 、中性脂肪低下率 $\geq 15\%$ 、HDL コレステロール上昇幅 $\geq 5 \text{ mg/dl}$ (脂質代謝) を設定して、3 ヶ年プログラムを行った。その結果、運動強度が 40 ~ 70% VO_{2max} の有酸素運動群に改善が見られ、強度が 40% VO_{2max} 以下の有酸素運動群には改善効果が得られなかった。また、220 名の NIDDM 患者が、3 ヶ月間、1 日 30 分を週 3 ~ 4 日の walking を含めた有酸素運動プログラムに参加した結果、最大酸素摂取量は有意に増加し、運動時の血圧と心拍数は減少した。つまり患者の有酸素性体力は有意に改善されたのである。さらに空腹時血糖値、グリコヘモグロビン、そして中性脂肪は有意に低下し、この低下は患者の体重減量を伴った⁽²¹³⁾。

NIDDM 患者が運動トレーニングによってどれくらいの期間で糖耐性を高めることができるであろうか。1 週間でわずかではあるが改善効果を見ることができる⁽²²¹⁾。グリコヘモグロビンもしくは空腹時血糖値で検討される血糖コントロール能力を見ると、6 ~ 12 週間の walking や他のエアロビクトレーニングでその改善が得られるようである。

筋組織のインスリン感受性は筋重量に比例して体脂肪量に反比例す

る⁽²⁰⁴⁾ので、筋重量増加にはたらくレジスタンストレーニングは糖尿病の運動療法に有用な運動と考えられる。軽負荷の高レペティションによる上体のレジスタンス運動を加えることがよいのではないか。西田ら⁽²²⁶⁾は有酸素運動にレジスタンス運動（最大筋力の40～70%相当の負荷を15～20分）を週一回、3～4ヶ月併用することで、血糖コントロールはさらに改善されたことを報告している。当然のことながら、高血圧症を合併する患者にはレジスタンストレーニングは避けるべきであり、高齢者を対象とする場合にも十分な配慮が必要となるであろう。

高齢者の NIDDM と運動。 インスリン非依存型糖尿病 (NIDDM) は高齢期の代表的慢性疾患の一つである。食事と体重コントロールは NIDDM コントロールに対する治療の基本的様式である。これまでに述べてきた運動療法は高齢者に対してはかなり制約を受ける。Laws と Reaven の総説⁽²²³⁾は NIDDM の予防には生活習慣としての身体活動が重要で、高齢期になってからの運動はそれほど大きな効果を期待することができないとしているが、糖尿病以外の面でいくつかの有益性が得られるために、高齢期の適切な運動は重要である。

さきにも述べたように、高齢者に対する運動習慣の重要性は、慢性疾患の予防と治療上からの価値に加えて、疾患の有無に無関係に機能的な欠損を減らすことからきている。心血管系持久力、筋重量、筋力と機能力的能力との間には相互関係が存在し、身体の不使用と老化を抑えるのに欠かせない^(220, 224, 225)。

NIDDM の治療に運動が欠かせないことは異論のないことであるが、高齢 NIDDM 患者に対する運動処方にはいくつかの配慮が必要となる。

まず、高齢者の糖尿病はその期間が長いので、末梢もしくは中枢系の神経病を持っている高齢患者は運動参加には注意を払わねばならない。とくに、末梢系の神経病の場合には足や手に十分注意を向けないと、気付かないままに重大な傷害を起こすことがある。運動としては walking や jogging が適している。さらに心拍数を測る際、指先の感触が低下して正しく心拍を数えられないので仲間の手助けを必要とする。神経病的関節や変形関節などの整形学的問題を抱えている高齢患者は浮力が利用できる水中 walking に参加するのがよい。中枢性神経病を持つ糖尿病患者は姿勢の変

化や運動に対して異常な心拍数や血圧応答を経験することがある。当然このような状況では心拍数から正確な運動強度やトレーニング効果を求めることはできない。

食事療法のみで治療されている NIDDM 患者では問題ないが、血糖降下剤やインスリンで治療されている患者では、運動により低血糖（血漿ブドウ糖濃度が 50 mg/dl 以下に低下した状態）が出現する可能性がある。高齢者ではこのことにとくに注意を払わねばならない。明らかに、運動の強度が高く運動時間が長くなるほど、血糖値は低下する。運動が 30 分以上継続されると、多くの患者は運動中に少々の炭水化物スナックを必要とするであろう。

糖尿病患者の運動療法をまとめると、第一に運動による低血糖値とけがを避けることが大切である。第二にヘルスアップの効果と運動の楽しさが得られることである。習慣的に運動を行うことはインスリン感受性と心血管系の体力を高めるので、NIDDM 患者にとっては運動トレーニングは全体の血糖コントロールの改善に貢献するであろう。NIDDM と IDDM（インスリン依存型糖尿病）の両タイプを含む高齢糖尿病患者は積極的に運動療法プログラムに参加することが望まれる。中年女性では 50 ～ 60 VO_{2max} の walking, 中年男性ではそれより速い brisk walking が、そして高齢者ではゆっくりした walking が勧められる。

6 Walking vs Jogging

1970 年代に成人病、とくに心血管系疾患の予防として起こった jogging ブームは 1980 年代半ばになるといささか下火になり、それに変わって新しく walking ブームが台頭してきた。厳密に言えば、健康増進運動として jogging に取って代わるものであるために、時速 5 ～ 6 km（分速 83 ～ 100 m）の brisk walk, つまり速歩である。それまでは、心血管系のフィットネスの改善には 60 ～ 85% VO_{2max} と比較的高い運動強度を求められていたので、長く運動不足の生活習慣に慣れた人々や高齢者、あるいは肥満の者や心血管系の疾患を持つ者にとって Jogging を運動習慣に取り入れることはかならずしも容易ではなかった。jogging が華やかに取り上げ

られていたころでも、エネルギー消費の面から運動をとらえるとき、運動強度より運動量を強調する研究者がいないわけではなかったが⁽²²⁸⁾ 具体的にいくつかの研究⁽²²⁹⁾が、比較的短期間に鍛練効果を上げる高強度運動 (Jogging など) と対比して、長い期間にわたっての低強度運動でも心血管系のフィットネスを高めるのに同じような価値が認められることを報告するようになって、健康運動として入りやすい walking への関心は高まってきたのである。Jogging ブーム絶頂期においても、jogging やランニング中の突然死は我が国だけではなく世界の各地でも健康運動実践者の不安を高めことにもなった。さらに jogging の量や期間の増加にともなう筋肉や膝の傷害の多発は Jogging ブームにいささかのブレーキとなったことはまちがいない。

Suter ら⁽¹⁹⁴⁾ は 75 名の中年男子銀行員を対象に jogging と walking の比較を詳細に行った。トレーニング期間を 6 ヶ月として、jogging 群は 75% VO_{2max} の強度による 30 分 jogging を週 4 回、walking 群は 50% VO_{2max} の強度による 30 分 walking を週 6 回行うプロトコルを用いた。トレーニング期間終了後の両群の比較結果は次のようである。まず、両群とも目標とした総トレーニング量に対する達成率わずか約 20% ほどにすぎなかった。運動はどうやら、楽しいものではないようである。しかし、期間を通しての運動頻度の比較では、walking 群が 3 日/週に対して jogging 群が 2.4 日/週と、今まで運動習慣のない者にとって低強度運動の方が少しでも入りやすいことを示した。有酸素性体力 (最大酸素摂取量) は両群ともにほぼ同程度に有意に増加した。これは、両群の総エネルギー消費量はほぼ同じであったので、これまでの運動生理学者間ではほぼ一致していたトレーニング強度と最大酸素摂取量の増加との間の用量-反応関係とは異なる結果を示すことになって、運動強度よりむしろ、トレーニング量が有酸素性体力の増大に重要であると考えたい。すなわち、brisk walking は心血管系体力を高めるのに十分な運動強度となりうると言えるのである。

Jogging は運動強度が高いだけに、walking より運動傷害のリスクは高い^(230, 231)。Walking よりおよそ 30% ほど高い。Jogging 傷害のなかでもっとも多いのは筋肉痛であり、次いで膝関節の痛みと前頸骨筋炎症 (シ

ンスプリント)となる。それらの問題はトレーニング期間のまだ慣れない前半に起こりやすく、そのためにトレーニングを中止してしまう傾向が出てくる。つまり、joggers の定着度は walkers より低い⁽²³²⁾。Walking は運動終了後に不快さを感じるほど運動強度が高くないだけに、健康づくりの手段として継続性は高い傾向にある。

持久性運動の価値は心血管系疾患をはじめとする多くの生活習慣病の予防への役割の他に、肥満者の割合の多い現代社会においては体重管理の面での意義は大きい。低～中強度の運動に必要なエネルギーは主に遊離脂肪酸の酸化によって供給される。そのため、walking と jogging の両者は過剰な脂肪を減らすという面ではすぐれた健康運動となり、脂肪の減量を運動の目標に置くならば、高強度の運動ではなく低～中強度運動が選択されなければならない。そこでどちらが効果的かとなるとこれまでに一致した結果は得られていない。当然、両運動によってほぼ同一エネルギーが消費された条件で比較がなされなければならない。前掲の Suter ら⁽¹⁹⁴⁾は walking (50% VO_{2max}) と jogging (75% VO_{2max}) 群ともに全体の脂肪量の有意な減少を観察することができなかったが、walking 群のみに運動量と皮下脂肪(腸骨上部, 肩甲骨下部, 上腕二頭筋と三頭筋の4点の皮脂厚の合計)およびウエスト/ヒップ比との間に有意な負の相関を見出している。これまでに数々の研究^(70, 75, 147, 150, 160)が walking トレーニングで体脂肪が減少することを報告している。一方、Walking と jogging を相対的に同一運動強度(% VO_{2max})にして比較した研究⁽²³³⁾は、運動に使われる脂肪量は walking より jogging の方が多いとしている。一般的に joggers の方がやせぎみであるのはトレーニング量が walkers より多ことによるためであろう。

血清脂質の改善においては、十分なトレーニング期間を持つことで walking, jogging とともに HDL-C の増加と TG の減少を期待することができる。トレーニング量が不十分であったり、トレーニングの一貫性に欠ける場合には walking による血清脂質改善は困難となろう。Walking によって脂質改善を求める場合、平均して週 15 km の距離をカバーすることが必要とされる⁽²³⁴⁾。

表Ⅷ-a. わが国の種目別スポーツ実施率（％）

| 順位 | 種目別 | 全体 | 男性 | 女性 |
|----|----------|------|------|------|
| 1 | ウォーキング | 26.8 | 24.9 | 28.7 |
| 2 | ボウリング | 21.9 | 23.6 | 20.2 |
| 3 | 体操 | 21.4 | 19.8 | 22.9 |
| 4 | ゴルフ（コース） | 12.0 | 21.0 | 3.2 |
| 5 | スキー | 11.4 | 13.2 | 9.6 |

（笹川スポーツ財団，1999）

表Ⅷ-b. わが国のスポーツ愛好者（週1回以上）の割合

| | | | |
|---|-------------|----------|---------|
| 1 | ウォーキング | 1,521 万人 | (15.6%) |
| 2 | 体操 | 1,078 万人 | (10.8%) |
| 3 | 筋力トレーニング | 299 万人 | (3.6%) |
| 4 | ジョギング・ランニング | 244 万人 | (2.5%) |
| 5 | サイクリング | 155 万人 | (1.6%) |
| 6 | 水泳 | 122 万人 | (1.3%) |

（笹川スポーツ財団，1999）

表Ⅷ-c. 実施種目の国際比較

| 順位 | 日 本 | カ ナ ダ | ニュージーランド | 香 港 | シンガポール |
|----|--------|----------|----------|--------|----------|
| 1 | ウォーキング | ウォーキング | ガーデニング | バドミントン | ジョグ・ウォーク |
| 2 | ボウリング | ガーデニング | ショートウォーク | 水泳 | 水泳 |
| 3 | 体操 | 家庭エクササイズ | ロングウォーク | バスケットB | バドミントン |
| 4 | ゴルフ | 社交ダンス | 水泳 | サッカー | サッカー |
| 5 | スキー | 水泳 | 家庭エクササイズ | スカッシュ | バスケットB |
| 6 | ゴルフ練習 | サイクリング | ジムでの運動 | ジョギング | テニス |

（笹川スポーツ財団，1999）

Walking は日本でも⁽²³⁵⁾アメリカでも⁽²³⁶⁾，そしてその他の先進国において、国民のもっとも人気のある健康スポーツ・運動になっている（表Ⅷ）。それは、これまでにいくつかの健康関連フィットネスと walking との関係を概説したごとく，walking の特性である運動強度が軽～中等度であって、広い範囲の層に受け入れられやすいということに加えて，walking でも強度がもっとハードな運動がもたらす健康面の有益性を同じく得られるという知識の広がりによるところが大である。さらに，Jogging をはじめ、他の運動では，それなりの準備と特定の時間が求められるのだが，walk-

ing は通勤時間を応用したりして、日常生活の中にうまく組み入れることが比較的可能であることも walking による健康づくり人口を高める要因になっているのであろう。

人類は長い期間をかけて四本脚から直立二足歩行の動物として誕生し、それ以来、数百万年を狩猟採集民としての生活をすごしてきた。したがって、人間の体は、ごく短時間の間に誕生した機械化のライフスタイルには馴染めず、いまだに狩猟採集民としての生活に適応するように進化してきたままだと考えるべきである。だから人間は“歩くこと”を抜いて身体機能を健全に維持することはできないのである。つまり、生物学的進化と文化的進化のアンバランスが数々の疾患をもたらし、退行現象を速めているといえるのではないか。

引用文献

1. 小田清一：健康づくりのための運動ハンドブック．第一出版，1987
2. Passmore, R and J V G A Durnin. Human energy expenditure. *Physiol. Rev.*, 35: 801-840, 1955.
3. Sutherland, DH, KR Kaufman et al. Kinematics of normal walking. In: Rose J, JG Gamble (eds). *Human walking*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1993: 23-44.
4. Sports Council and Health Education Authority. National fitness survey: main findings. London: Sports Council and Health Education Authority, 1992.
5. American College of Sports Medicine guidelines for exercise testing and prescription, 5th ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1995
6. Hagberg, JM. Effect of training on the decline of VO_{2max} with aging. *Fed. Proc.* 46: 1830-1833, 1987.
7. American College of Sports Medicine. The recommended quality and quantity of exercise for developing and maintaining fitness in healthy adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22: 265-274, 1990.
8. Karvonen, MJ, E Kental, et al. The effects of training on heart rate. *Acta Med. Exp. Fenn.* 35: 308-315, 1957.
9. Badenhop, DT, PA Cleary et al. Physiological adjustments to higher- or lower-intensity exercise in elders. *Med. Sci. Sport Exerc.* 15: 496-502, 1983.
10. Edwards, MA. The effects of training at predetermined heart rate levels

- for sedentary college women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 6: 14–19, 1974.
11. Milesis, CA, ML Pollock, et al. Effects of different durations of physical training on cardio-respiratory function, body composition, and serum lipids. *Res. Q.* 47: 716–725, 1976.
 12. Fox, EL, RL Bartels, et al. Frequency and duration of interval training programs and changes in aerobic power. *J. Appl. Physiol.* 38: 481–484, 1975.
 13. Gettman, LR, ML Pollock, et al. Physiological responses of men to 1, 3, and 5 day per week training programs. *Res. Q.* 47: 638–646, 1976.
 14. Wilmore, JH, J Royce, et al. Physiological alterations resulting from a 10-week jogging program. *Med. Sci. Sports.* 2: 7–14, 1970.
 15. Kobayashi, Y, T Hosoi, T Takeuchi, et al. The effects of moderate aerobic and strength exercises on serum lipoprotein-lipid profiles in previously sedentary women. *中京大学教養論叢*, 35: 201–217, 1995.
 16. Hardman, AE, PRM Jones, et al. Brisk walking improves endurance fitness without changing body fatness in previously sedentary women. *Eur. J. Appl. Physiol.* 65: 354–359, 1992.
 17. Stensel, DJ, K Brooke-Wavell, et al. The influence of a one-year programme of brisk walking on endurance fitness and body composition in previously sedentary men aged 42–59 years. *Eur. J. Appl. Physiol.* 68: 531–537, 1994.
 18. Porcari, J, R McCarron, et al. Is fast walking an adequate aerobic training for 30-to 69-year-old men and women? *Physician Sportsmed.* 15: 119–129, 1987.
 19. Jette, M, K Sidney, and J Campbell. Effects of a twelve-week walking programme on maximal and submaximal work output indices in sedentary middle-aged men and women. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 28: 59–66, 1988.
 20. Santiago, MC, JF Alexander, et al. Physiological responses of sedentary women to a 20-week conditioning program of walking or jogging. *Scand. J. Sports Sci.* 9: 33–39, 1987.
 21. Suter, E, B Marti, and F. Gutzwiller. Jogging or walking—comparison of health effects. *Am. Epidemiol.* 4: 375–381, 1994.
 22. Duncan, JJ, NF Gordon, and CB Scott. Women walking for health and fitness. How much is enough? *JAMA* 266: 3295–3299, 1991.
 23. Kline, GM, JP Porcari, et al. Estimation of VO₂max from a one-mile track walk, gender, age, and body weight. *Med. Sci. Sports Exerc.* 19: 253–259, 1987.

24. Oja, P, R Laukkanen, et al. A 2-km waking test for assessing cardiorespiratory fitness in healthy adults. *Int. J. Sports Med.* 12: 356–362, 1991.
25. Mitchell, JH, and PB Raven. Cardiovascular adaptations to physical activity. In: Bouchard, C, RJ Shephard and T Stephens (eds). *Physical Activity, Fitness and Health*. Champaign (IL): Human Kinetics Publishers, 1994.
26. Kukkonen-Harjula, K, R Laukkane, et al. Effects of walking training on health-related fitness in healthy middle-aged adults- randomized controlled study. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 8: 236–242, 1998.
27. Allied Dunbar National Fitness Survey. Summary Report: Activity and Health Research. London: Sports Council/Health Education Authority, 1990.
28. Caspersen, CJ, and RK Merritt. Physical activity trends among 26 states, 1986–1990. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27: 713–720, 1995.
29. Morris, JN, DG Clayton, et al. Exercise in leisure time: coronary attack and death rates. *Br. Heart J.* 63: 325–334, 1990.
30. Paffenbarger, RS, RT Hyde, et al. The association of changes in physical activity level and other lifestyle characteristics with mortality among men. *N. Engl. J. Med.* 328: 538–545, 1993.
31. Blair, SN, HW Kohl, et al. Physical fitness and all-cause mortality: a prospective study in healthy men and women. *JAMA* 262: 2395–2401, 1989.
32. Helmrigh, SP, DR Ragland, et al. Physical activity and reduced occurrence on non-insulin-dependent diabetes mellitus. *N. Engl. J. Med.* 325: 147–152, 1991.
33. Manson, JE, DM Nathan, et al. A prospective study of exercise and incidence of diabetes among US male physicians. *JAMA* 268: 63–67, 1992.
34. Reaven, PD, E Barrett-Conner, and S Edelstein. Relation between leisure-time physical activity and blood pressure in older women. *Circulation* 83: 559–565, 1991.
35. Paffenbarger, RS, AL Wing, et al. Physical activity and incidence of hypertension in college alumni. *Am. J. Epidemiol.* 117: 247–257, 1983.
36. Thune, I, and E Lund. Physical activity and risk of colorectal cancer in men and women. *Br. J. Cancer.* 73: 1134–1140, 1996.
37. Thune, I, T Brenn, et al. Physical activity and the risk of breast cancer. *N. Engl. J. Med.* 336: 1269–1275, 1997.

38. Haapanen, N, S Miilunpalo, et al. Characteristics of leisure time physical activity associated with decreased risk of premature all-cause and cardiovascular disease mortality in middle-aged men. *Am. J. Epidemiol.* 143: 870–880, 1996.
39. Shaper, AG, and G Wannamethee. Physical activity and ischaemic heart disease in middle-aged British men. *Br. Heart J.* 66: 384–94, 1991.
40. Morris, JN, R Pollard, et al. Vigorous exercise in leisure-time: Protection against coronary heart disease. *Lancet*, II: 1207–1210, 1980.
41. Lee, IM, CC Hsieh and RS Paffenbarger. Exercise intensity and longevity in men: The Harvard Alumni Health Study. *JAMA* 273: 1179–1184, 1995.
42. Blair, SN, HW Kohl, et al. How much physical activity is good for health? *Annual Rev. Public Health.* 13: 99–126, 1992.
43. Jette, M, K Sidney, et al. Relation between cardiorespiratory fitness and selected risk factors for coronary heart disease in a population of Canadian men and women. *Canadian Med. Assoc. J.* 146: 1353–1360, 1992.
44. Sandvik, L, J Erikssen, et al. Physical fitness as a predictor of mortality among healthy, middle-aged Norwegian men. *N. Engl. J. Med.* 328: 533–537, 1992.
45. Pate, RR, M Pratt, et al. Physical activity and public health: A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA* 273: 402–407, 1995.
46. Leon, AS, J Cornett, et al. Leisure-time physical activity levels and risk of coronary heart disease and death: The Multiple Risk Factor Intervention Trial. *JAMA* 258: 2388, 1987.
47. Paffenbarger, RS, RT Hyde, et al. Physical activity all-cause mortality, and longevity of college alumni. *N. Engl. J. Med.* 314: 605–613, 1986.
48. Hakim, AA, H Petrovitch, et al. Effects of walking on mortality among nonsmoking retired men. *N. Engl. J. Med.* 338: 94–99, 1998.
49. Lemaitre, RN, SR Hockbert, et al. Leisure-time physical activity and the risk of nonfatal myocardial infarction in postmenopausal women. *Arch. Intern. Med.* 155: 2302–2308, 1995.
50. Pereira, MA, AM Kriska. Physical activity and glucose intolerance in the multiethnic island of Mauritius. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27: 1626–1634, 1995.
51. Mayer-Davis, EJ, R D'Agostino, et al. Intensity and amount of physical activity in relation to insulin sensitivity. The insulin resistance athero-

- sclerosis study. *JAMA* 279: 669-674, 1998.
52. Martinez, ME, E Giovannucci, et al. Leisure-time physical activity, body size, and colon cancer in women. *J. Natl. Cancer Inst.* 89: 948-955, 1997.
 53. Debusk, RF, U Hakansson, et al. Training effects of long versus short bouts of exercise. *Am. J. Cardiol.* 65: 1010-1013, 1990.
 54. Woolf-May, K, EM Kearney, et al. The effect of two different 18-week walking programmes on aerobic fitness, selected blood lipids and factor XIIa. *J. Sports Sci.* 16: 701-710, 1998.
 55. Aldred, HE, AE Hardman and S Taylor. Influence of 12 weeks of training by brisk walking on postprandial lipemia and insulinemia in sedentary middle-aged women. *Metabolism* 44: 390-397, 1995.
 56. Whitehurst, M and RN Menendez. Endurance training in older women: lipid and lipoprotein responses. *Phys. Sportsmed.* 19: 95-103, 1991.
 57. Murphy, MH and AE Hardman. Training effects of short and long bouts of brisk walking in sedentary women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30: 152-157, 1998.
 58. Despres, J.-P. Dyslipidaemia and obesity. *Baillier's Clin. Endocrinol. Metabol.* 8: 629-660, 1994.
 59. Haymes, EM and AL Dickinson. Characteristics of elite male and female ski racers. *Med. Sci. Sports Exeri.* 12: 153-158, 1980.
 60. Hagerman, FC, GR Hagerman and TC Mickelson. Physiological profiles of elite rowers. *Phys. Sportsmed.* 7: 74-83, 1979.
 61. Clausen, JP, K Clausen, et al. Central and peripheral circulatory changes after training of the arms or legs. *Am. J. Physiol.* 25: 675-682, 1973.
 62. Petrofsky, J.S., CA Phillips, et al. Muscle fiber recruitment and blood pressure response to isometric exercise. *J. Appl. Physiol.* 50: 32-37, 1981.
 63. Graves, JE, ML Pollock, et al. The efect of hand-held weights on the physiological responses to walking exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 19: 260-265, 1987.
 64. Francis, K. and T Hoobler. Changes of oxygen consumption associated with treadmill walking and running with light hand-carried weights. *Ergonomics* 7: 74-83, 1979.
 65. Zarandona, JE, AG Nelson, et al. Physiological responses to hand-carried weights. *Phys. Sportsmed.* 14: 113-120, 1986.
 66. Auble, TE, L Schwartz and RJ Robertson. Aerobic requirements for moving handweights through various ranges of motion while walking. *Phys. Sportsmend.* 15: 133-140, 1987.

67. McAuley, E. Physical activity and psychosocial outcomes. In: Bouchard, C, RI Shephard and T Stephens (eds). Physical activity, fitness, and health. Champaign (IL): Human Kinetics Publishers, 1994: 1030-1039.
68. Gossard, D, WL Haskell, et al. Effects of low and high intensity home based exercise training on functional capacity in healthy middle aged men. *Am. J. Cardiol.* 57: 446-449, 1986.
69. Hardman, AE, A Hudson, et al. Brisk walking influences the physiological responses to sub-maximal step test in women. *J. Physiol.* 409: 22P, 1989.
70. Rowland, TW, MR Varzeas and CA Walsh. Aerobic responses to walking training in sedentary adolescents. *J. Adoles. Health.* 12: 30-34, 1991.
71. Hardman, AE, C Williams and SA Wootton. The influence of short-term endurance training on maximum oxygen uptake, sub-maximum endurance and the ability to perform brief, maximal exercise. *J. Sports Sci.* 4: 109-116, 1986.
72. Holloszy, JO and EF Coyle. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J. Appl. Physiol.* 56: 831-834, 1984.
73. Williams, C. The biological basis of aptitude; the endurance runner. *J. Biosoc. Sci. Suppl.* 7: 103-112, 1981.
74. Haskell, WL. Health consequences of physical activity: understanding and challenges regarding dose-response. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26: 649-660, 1994.
75. Pollock, ML, HS Miller, et al. Effects of walking on body composition and cardiovascular function of middle-aged men. *J. Appl. Physiol.* 30: 126-130, 1971.
76. Ready, AE, B Naimark, et al. Influence of walking volume on health benefits in women post-menopause. *Med. Sci. Sports Exerc.* 28: 1097-1105, 1996.
77. Ohta, T, T Kawamura, et al. Effects of exercise on coronary risk factors in obese, middle-aged subjects. *Japanese Circulation J.* 54: 1459-1464, 1990.
78. Stensel, DJ, K. Brooke-Wavell, et al. The influence of a 1-year programme of brisk walking on endurance fitness and body composition in previously sedentary men aged 42-59 years. *Eur. J. Appl. Physiol.* 68: 531-537, 1994.
79. Tremblay, A, JP Despres, et al. Sex dimorphism in fat loss in response to exercise training. *J. Obesity Weight Reg.* 3: 193-303, 1984.

80. Bjorntorp, PA. Sex differences in the regulation of energy balance with exercise. *Am. J. Clin. Nutr.* 49: 958-961, 1989.
81. Leon, AS, J Conard, et al. Effects of a vigorous walking program on body composition, and carbohydrate and lipid metabolism of obese young men. *Am. J. Clinical Nutr.* 33: 1776-1787, 1979.
82. Davison, RCR, S Grant, et al. Walk for health? *J. Sports Sci.* 10: 556, 1992.
83. Haskell, WL. Dose-response relationship between physical activity and disease risk factors. In: Oja, P and R Telema(eds). *Sport for all*. Amsterdam: Elsevier Science Publications, 125-133, 1991.
84. Huddleston, AL. Bone mass in lifetime tennis players. *JAMA* 244: 1107-1109, 1980
85. 百武衆一, 後藤澄雄ら。骨粗鬆症の予防としての運動効果の縦断的研究。臨床スポーツ医学。11: 1271-1277, 1994。
86. Madsen, KL, WC Adams and MD Van Loan. Effect of physical activity, body weight and composition, and muscular strength on bone density in young women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30: 114-120, 1998.
87. Dornemann, TM, RG McMurray, et al. Effects of high-intensity resistance exercise on bone mineral density and muscle strength of 40-50-year-old women. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 37: 246-251, 1997.
88. Keay, N, I Fogelman and G Blake. Bone mineral density in professional female dancers. *Br. J. Sports Med.* 31: 143-147, 1997.
89. Dock, JE, C James, et al. Exercise and bone mineral density in mature female athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29: 291-296, 1997.
90. Cameron, KD, JR Blimkie, et al. Gymnastic training and bone density in preadolescent females. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29: 443-450, 1997.
91. Alfredson, H, P Nordstrom and R Lorentzon. Aerobic workout and bone mass in females. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 7: 336-341, 1997.
92. Welsh, L and OM Rutherford. Hip bone mineral density is improved by high-impact aerobic exercise in postmenopausal women and men over 50 years. *Eur. J. Appl. Physiol.* 74: 511-517, 1996.
93. Kobayashi, Y, T Hosoi, T Takeuchi, et al. Exercise habits during high school days and calcaneal bone density in college students. 中京大学教養論叢, 37: 129-145, 1996.
94. Lanyon, LE. Using functional loading to influence bone mass and architecture: objectives, mechanisms and relationship with estrogen of the mechanically adaptive process in bone. *Bone* 18: 37s-43s, 1996.
95. Hutchinson, TH, RT Whalen, et al. Factors in daily physical activity

- related to calcaneal mineral density in men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27: 745-750, 1995.
96. 宮下充正 女性のための骨粗鬆症予防のための運動プログラム。 *J. J. Sports Sci.* 12: 805-810, 1993.
97. Grove, KA and BR Londeree. Bone density in post-menopausal women: high impact vs low impact exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24: 1190-1194, 1992.
98. Lau, E, S Donnan, et al. Physical activity and calcium intake in fracture of the proximal femur in Hong Kong. *BMJ* 297: 441-443, 1988.
99. Cummings, SR, MC Nevitt, et al. Risk factors for hip fracture in white women. *N. Engl. J. Med.* 332: 767-773, 1995.
100. Krall, EA and B Dawson-Hughes. Walking is related to bone density and rate of bone loss. *Am. J. Med.* 96: 20-26, 1994.
101. Brooke-wavell, K, PRM Jones and AE Hardman. Brisk walking reduces bone loss in postmenopausal women. *Clin. Sci.* 92: 75-80, 1997.
102. Nelson, ME, EC Fisher, et al. A 1-y walking program and increased dietary calcium in postmenopausal women: effects on bone. *Am. J. Clin. Nutr.* 53: 1304-1311, 1991.
103. Hattori, M, A Hasegawa, et al. The effects of walking at the anaerobic threshold level on vertebral bone loss in postmenopausal women. *Calcif. Tissue Int.* 52: 411-414, 1993.
104. Cavanaugh, DJ and CE Cann. Brisk walking does not stop bone loss in postmenopausal women. *Bone* 9: 201-204, 1988.
105. Martin, D and M Notelovitz. Effects of aerobic training on bone mineral density of postmenopausal women. *J. Bone Miner. Res.* 8: 931-936, 1993.
106. Wickham, CAC, et al. Dietary calcium, physical activity, and risk of hip fracture: a prospective study. *BMJ* 299: 889-892, 1989.
107. Kiiskinen, A and H Suominen. Blood circulation of long bones in trained growing rats and mice: biochemistry of long bones. *J. Appl. Physiol.* 44: 50-54, 1975.
108. Tondevold, E and J. Burlew. Bone blood flow in conscious dogs at rest and during exercise. *Acta Orthop. Scand.* 54: 53-57, 1983.
109. McInnis, JC, RA Robb, et al. The relationship of bone blood flow, bone tracer deposition and endosteal new bone formation. *J. Lab. Clin. Med.* 96: 511-522, 1980.
110. Grisso, J, J Kelsey, et al. Risk factors for falls as a cause of hip fracture in women. *N. Engl. J. Med.* 324: 1326-1331, 1991.

111. Dargen-Molina, P, F Favier, et al. Fall-related factors and risk of hip fracture: the EPIDOS prospective study. *Lancet* 348: 145–149, 1996.
112. American College of Sports Medicine Position Stand on Osteoporosis and Exercise. *Med. Sci. Sports Exer.* 27: i-vii , 1995.
113. Judge, JO, C Lindsey, et al. Balance improvements in older women: effects of exercise training. *Phys. Ther.* 73: 254–265, 1993.
114. Perrin, PP, GC Gauchard, et al. Effects of physical and sporting activities on balance control in elderly people. *Br. J. Sports Med.* 33: 121–126, 1999.
115. Grahn Kronhed , AC and M Moller. Effects of physical exercise on bone mass, balance skill and aerobic capacity in women and men with low bone mineral density, after one year of training—a prospective study. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 8: 290–298, 1998.
116. Joakimsen, RM, JH Magnus and V Fonnebo. Physical activity and predisposition for hip fractures: A review. *Osteoporos. Int.* 7: 503–513, 1997.
117. Morris, JN. Recent history of coronary disease. *Lancet* I: 1–7 and 69–73, 1951.
118. Morris, JN, and MD Crawford. Coronary heart disease and physical activity of work evidence of a national necropsy survey. *Br. Med. J.* 2: 1485–1496, 1958.
119. Morris, JN, DG Clayton, et al. Exercise in leisure time: coronary attack and death rates. *Br. Heart J.* 63: 325–334, 1990.
120. Morris, JN. Exercise in the prevention of coronary heart disease: today's best buy in public health. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26: 807–814, 1994.
121. Morris, JN, JA Heady, et al. Coronary heart disease and physical activity of work. *Lancet* II 1053–1057, 1953.
122. Occupational Health. Decennial Supplement, 1979–1980, 1982–1983. London: HMSO, 1986.
123. Occupational Health. Decennial Supplement Series DS No. 10. Longitudinal Study. London: HMSO, 1995.
124. Cook, TC, RE RaPorte, et al. Chronic low level physical activity as a detriment of high density lipoprotein cholesterol and subfractions. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18: 653–657, 1986.
125. Paffenbarger, RS, RT Hyde, et al. The association of changes in physical activity level and other lifestyle characteristic with mortality among men. *N. Eng. J. Med.* 328: 538–545, 1993.
126. Leon, AS, J Cornet, et al. Leisure-time physical activity levels and risk

- of coronary heart disease and death: the Multiple Risk Factor Intervention trial. *JAMA* 258: 2388-2395, 1987.
127. Brair, SN, HW Kohl, et al. Changes in physical fitness and all-cause mortality: A prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA* 273: 1093-1098, 1995.
128. Lakka, TA, Venalainen, JH, et al. Relation on leisure-time physical activity and cardiorespiratory fitness to the risk of acute myocardial infarction in men. *N. Engl. J. Med.* 330: 1549-1554, 1994.
129. Gordon, DJ, JL Witzum, et al. Habitual physical activity with high density lipoprotein cholesterol in man with primary hypercholesterolemia. *Circulation* 67: 512-520, 1983.
130. Frandin, K, G Grimby, et al. Walking habits and health-related factors in a 70-year-old population. *Gerontology* 37: 281-288, 1991.
131. Fiatorone, MA, F O'Neill, et al. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N. Engl. J. Med.* 330: 1769-1775, 1994.
132. Hagberg, JM, JE Graves and M Linacher. Cardiovascular responses of 70-79 year old men and women to exercise training. *J. Appl. Physiol.* 66: 2589-2594, 1989.
133. Cononie, CC, JE Graves, et al. Effect of exercise training on blood pressure in 70- to 79-yr-old men and women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23: 505-511, 1991.
134. Pollock, ML, JF Carroll, et al. Injuries and adherence to walk/jog and resistance training programs in the elderly. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23: 1194-1200, 1991.
135. Franklin, BA, SN Brair, et al. Exercise and cardiac complications. Do the benefits outweigh the risk? *Phys. Sportsmed.* 22: 56-68, 1994.
136. LaCroix, AZ, SG Leveille, et al. Does walking decrease the risk of cardiovascular disease hospitalizations and death on older adults? *J. Am. Geriatr. Soc.* 44: 113-120, 1996.
137. U.S. Department of Health and Human Services. Physical activity and health: A report of the Surgeon General. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 1996.
138. Wood, PD and ML Stefanick. Exercise, fitness and atherosclerosis. In: *Exercise, Fitness, and health: A Consensus of Current Knowledge*, C. Bouchard, RJ Shephard, et al. (eds). Champaign, IL: Human Kinetics,

- 1990, pp. 407-424.
139. Haskell, WL. The influence of exercise training on plasma lipids and lipoproteins in health and disease. *Acta Med. Scand.* 711 (Suppl.): 25-37, 1986.
 140. Farrell, PA, MG Maksud, et al. A comparison of plasma cholesterol, triglycerides, and high density lipoprotein cholesterol in speed skaters, weight lifters, and non-athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 48: 77-82, 1982.
 141. Hartung, GH. Physical activity and high density lipoprotein cholesterol. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 35: 1-5, 1995.
 142. American Heart Foundation. *Plasma Lipids: Optimal Levels for Health*, New York: Academic Press, 1984.
 143. Leaf, DA, DL Parker and D Schaad. Changes in VO_{2max} , physical activity, and body fat with chronic exercise: effects on plasma lipids. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29: 1152-1159, 1997.
 144. Cook, TC, RE Laporte, et al. Chronic low level physical activity as a determinant of high density lipoprotein cholesterol and subfractions. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18: 653-657, 1986.
 145. Tucker, LA and GM Friedman. Walking and serum cholesterol in adults. *Am. J. Public Health.* 80: 1111-1113, 1990.
 146. Hardman, AE, A Hudson, et al. Brisk walking and plasma high density lipoprotein cholesterol concentration in previously sedentary women. *Br Med. J.* 299: 1204-1205, 1989.
 147. Frandin, K, G Grimby, et al. Walking habits and health-related factors in a 70-year-old population. *Geontrol.* 281-288, 1991.
 148. Kannel, WB. Metabolic risk factors for coronary artery disease in women: perspective from the Framingham study. *Am. Heart J.* 114: 413-419, 1987.
 149. Brunner, D, J Weisbort, et al. Relation of serum total cholesterol and high-density lipoprotein cholesterol percentage to the incidence of definite coronary events: twenty-year follow-up of the Donolo-Tel Aviv prospective coronary artery disease study. *Am. J. Cardiol.* 59: 1271-1276, 1987.
 150. Stensel, DS, AE Hardman, et al. Brisk walking and serum lipoprotein variables in formerly sedentary men aged 42 to 59 years. *Cli. Sci.* 85: 701-708, 1993.
 151. Hinkleman, R and DC Nieman. The effects of a walking program on body composition and serum lipids and lipoproteins in overweight women. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 33: 49-58, 1993.

152. Farrel, PA and J Barboriak. The time course of alterations in plasma lipid and lipoprotein concentrations during eight weeks of endurance training. *Atherosclerosis*. 37: 231-238, 1980.
153. Lokey, EA and ZV Tran. Effects of exercise training on serum lipid and lipoprotein concentrations in women: a meta-analysis. *Int. J. Sports Med.* 10: 424-429, 1989.
154. Cauley, JA, AM Kriska, et al. A two year randomized exercise trial in older women: effects on HDL-cholesterol. *Atherosclerosis* 66: 247-258, 1987.
155. Frey, MAB, BM Doerr, et al. Exercise does not change high-density lipoprotein cholesterol in women after ten weeks of training. *Metabolism* 31: 1142-1146, 1982.
156. Lewis, S, WL Haskell, et al. Effects of physical activity on weight reduction in obese middle-aged women. *Am. J. Clin. Nutr.* 29: 151-156, 1976.
157. Rotkis, TC, TW Boyden, et al. Increased high-density lipoprotein cholesterol and lean weight in endurance-trained women runners. *J. Cardiac Rehabil.* 4: 62-66, 1984.
158. Goodyear, LJ, MS Fronsoe, et al. Increased HDL-cholesterol following eight weeks of progressive endurance training in female runners. *Ann. Sport Med.* 3: 33-8, 1986.
159. Hagan, RD, SJ Upton, et al. The effects of aerobic conditioning and/or caloric restriction in overweight men and women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18: 87-94, 1986.
160. Suter, E, B Marti and F Gutzwiller. Jogging or walking—comparison of health effects. *Ann. Epidemiol.* 4: 375-381, 1994.
161. Palank, EA and EH Hargreaves. The benefits of walking the golf course. *Phys. Sportsmed.* 18: 77-80, 1990.
162. Kiens, B, I Jorgensen, et al. Increased plasma HDL-cholesterol and apo A-1 in sedentary middle-aged men after physical conditioning. *Eur. J. Clin. Invest.* 10: 203-209, 1980.
163. Grandjean, PW, GL Oden, et al. Lipids and lipoprotein changes in women following 6 months of exercise training in a worksite fitness program. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 36: 54-9, 1996.
164. Lipson, LC, RO Brown, et al. Effects of exercise conditioning on plasma high density lipoproteins and other lipoproteins. *Atherosclerosis* 37: 529-538, 1980.
165. Schwartz, RS. The independent effects of dietary weight loss and

- aerobic training on high density lipoproteins and apolipoprotein A-1 concentrations in obese men. *Metabolism* 36: 165-171, 1987.
166. Stevenson, DW, LL Darga, et al. Variables effects of weight loss on serum lipids and lipoproteins in obese patients. *Int. J. Obes.* 12: 495-502, 1988.
167. Nieman, DC, JL Haig, et al. Reduction-diet and exercise-training effects on serum lipids and lipoproteins in mildly obese women. *Am. J. Clin. Nutr.* 52: 640-645, 1990.
168. Health survey for England. London: HMSO, 1991: 48; 1993: 48; 1994: 128, 242, 261
169. Morris, JN and AE Hardman. Walking to Health. *Sports Med.* 23: 306-332, 1997.
170. Pronk, NP, SF Crouse, et al. Acute effects of walking on serum lipids and lipoproteins in women. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 35: 50-58, 1995.
171. Aldred, HE, I Perry and AE Hardman. The effects of a single bout of brisk walking on postprandial lipemia in normolipidemic young adults. *Metabolism.* 43: 836-841, 1994.
172. Goodyear, LJ, DR Van Houten, et al. Immediate and delayed effects of marathon ranning on lipids and lipoproteins in women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22: 588-592, 1990.
173. Schriewer, H, K Jung, et al. Changes in HDL composition in female subjects following a 100-km run. *Int. J. Sport Med.* 5: 209-212, 1984.
174. Lee, R, D Nieman, et al. The effects of acute moderate exercise on serum lipids and lipoproteins in mildly obese women. *Int. Sports Med.* 12: 537-542, 1991.
175. 上島弘嗣. 特別報告 1980 年の循環器疾患基礎調査の追跡調査 (NIPPON DATA)。日循協誌 31: 231, 1997。
176. Eichner, ER. Exercise and heart disease: epidemiology of the 'exercise hypothesis'. *Am. J. Med.* 75: 1008-1023, 1983.
177. Blair, SN, NN Goodyear, et al. Physical fitness and incidence of hypertension in healthy normotensive men and women. *JAMA* 242: 487-490, 1984.
178. Hagberg, JM: Exercise, fitness, and hypertension, in Bouchard C, et al. (eds): *Exercise, Fitness and Health: A Consensus of Current Knowledge*. Champaign, IL., Human Kinetics Publishers, 1990, pp 455-466.
179. Gilders, RM, C Voner and GA Dudley. Endurance training and blood pressure in normotensive and hypertensive adults. *Med. Sci. Sports*

- Exerc. 21: 629-636, 1989.
180. Porcari, J, A Ward, et al. Effect of walking on state anxiety and blood pressure. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20: S85, 1988.
 181. Kingwell, BA and GL Jennings. Effects of walking and other exercise programs upon blood pressure in normal subjects. *Med. J. Aust.* 158: 234-238, 1993.
 182. Hagberg, JM, SJ Montain, et al. Effect of exercise training in 60-69-year-old persons with essential hypertension. *Am. J. Cardiol.* 64: 348-353, 1989.
 183. The Consensus Statement. In: Bouchard, C, RJ Shephard and T Stephens, (eds). *Physical Activity, Fitness, and Health*. Champaign, IL.: Human Kinetics Publishers, 1994, pp. 43-44.
 184. Blumenthal, JA, WC Siegel and M Appelbaum. Failure of exercise to reduce blood pressure in patients with mild hypertension. *JAMA* 266: 2098-2104, 1991.
 185. Hagberg, JM. Effect of exercise and training on older men and women with essential hypertension. In: Spirduso, WW and HM Eckert (eds.), *Physical Activity and Aging*. Champaign, IL.: Human Kinetics, 1989, pp 186-193.
 186. Paffenbarger, RS, AL Wing, et al. Physical activity and incidence of hypertension: An epidemiological view. *Annals Med.* 23: 319-327, 1991.
 187. Leavy, D. Have expert panel guidelines kept pace with new concepts in hypertension? *Lancet* 346: 1112, 1995.
 188. Hagberg, JM, D Goldring, et al. Effect of exercise training on the blood pressure and hemodynamic features of hypertensive adolescents. *Am. J. Cardiol.* 52: 763-768, 1983.
 189. Montoye, HJ, HL Metzner, et al. Habitual physical activity and blood pressure. *Med. Sci. Sports.* 4: 175-181, 1971.
 190. Pescatello, LS, L DiPietro, et al. The impact of physical activity and physical fitness on health outcomes in older adults. Abstract 23. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23: 521, 1991.
 191. Siconolfi, SF, TM, Lasater, et al. Physical fitness and blood pressure: the role of age. *Am. J. Epidemiol.* 122: 452-457, 1985.
 192. 井藤英喜: 老年者糖尿病への対応。からだの科学 (増刊), 1992, pp. 102-106。
 193. Wilson, PW, DL McGee and WB Kannel. Obesity, very low density lipoproteins, and glucose intolerance over fourteen years: the

- Framingham Study. *Am. J. Epidemiol.* 114: 697-704, 1981.
194. Suter, E, B Marti and F Gutzwiller. Jogging vs walking—Comparison of health effects. *Ann. Epidemiol.* 375-381, 1994.
195. Horton, ES. Exercise and decreased risk of NIDDM. *N. Engl. J. Med.* 325: 196-198, 1991.
196. West, KM. *Epidemiology of Diabetes and its Vascular Complications.* New York: Elsevier, 1978.
197. Soman, VR, KA Veikko, et al. Increased insulin sensitivity and insulin binding to monocytes after physical training. *N. Engl. J. Med.* 301: 1200-1204, 1979.
198. Rauramma, R. Relationship of physical activity, glucose tolerance, and weight management. *Prev. Med.* 13: 37-46, 1984.
199. Frisch, RE, G Wyshak, et al. Lower prevalence of diabetes in female former college athletes compared to non-athletes. *Diabetes* 35: 1101-1105, 1986.
200. Taylor, R, P Ram, et al. Physical activity and prevalence of diabetes in Melanesian and Indian men in Fiji. *Diabetologia.* 27: 578-582, 1986.
201. Helmrich, SP, DR Ragland and RS Paffenbarger. Prevention of non-insulin-dependent diabetes mellitus with physical activity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26: 824-830, 1994.
202. Ainsworth, B., WL Haskell, et al. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25: 71-80, 1993.
203. Mason, JE, EB Rimm, et al. Physical activity and incidence of non-insulin-dependent mellitus in women. *Lancet* 338: 374-378, 1991.
204. Yki-Jarvinen, H and VA Koivisto. Effects of body composition on insulin sensitivity. *Diabetes* 32:965-969, 1983.
205. National Institutes of Health. Consensus Development Conference Statement on Diet and Exercise in Non-insulin-dependent Diabetes Mellitus. *Diabetes Care.* 10: 639-644, 1987.
206. Lingard, F and B Saltin. Daily physical activity, work capacity and glucose tolerance in lean and obese normoglycemic middle-aged men. *Diabetologia.* 20: 134-138, 1981.
207. Koivisto, VA, V Soman, et al. Insulin binding to monocytes in trained athletes: changes in resting state and after exercise. *J. Clin. Invest.* 64: 1011-1015, 1979.
208. Lohmann, D, F Liebold, et al. Diminished insulin response in highly trained athletes. *Metabolism.* 27: 521-524, 1978.

209. Bjorntorp, P, K De Jounge, et al. The effect of physical training on insulin production in obesity. *Metabolism*. 19: 631–637, 1970.
210. American Diabetes Association: Management of dyslipidemia in adults with diabetes. *Diabetes Care* 21: 17–182, 1998.
211. Lawrence, RD. The effect of exercise on insulin action in diabetes. *Br. Med. J.* 10: 648–650, 1926.
212. 佐野忠弘: 糖尿病。 *Jap. J. Sports Sci.* 5: 689–694, 1986.
213. Schneider, SH, AK Khachadurian, et al. Ten-year experience with an exercise-based outpatient life-style modification program in the treatment of diabetes mellitus. *Diabetes Care* 15 (suppl. 4): 1800–1810, 1992.
214. Richter, EA, L Turcotte, et al. Metabolic responses to exercise. Effects of endurance training and implications for diabetes. *Diabetes Care*. 15 (Suppl.), 4: 1767–1775, 1992.
215. Lillioja, S, DM Mott, et al. Insulin resistance and insulin secretory dysfunction as precursors of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *N. Engl. J. Med.* 329: 1988–1992, 1993.
216. Saltin, B, F Lindgarde, et al. Physical training and glucose tolerance in middle-aged men with chemical diabetes, in Vranic, M, J Wahren and S Horvath(eds): *Proceedings of a Conference on Diabetes and Exercise*. *Diabetes* 28 (Suppl 1): 30–32, 1979.
217. Ruderman, NB, OP Ganda, et al. The effects of physical training on glucose tolerance and plasma lipids in maturity onset diabetes, in Vranic, M, J Wahren and S Horvath (eds): *Proceedings of a Conference of Diabetes and Exercise*. *Diabetes* 28 (Suppl 1): 89–92, 1979.
218. Le Blank, J, A Nadeau and M Boulay. Effects of physical training and adiposity on glucose metabolism and ¹²⁵I-insulin binding. *J. Appl. Physiol.* 46:235-239, 1979.
219. Johansen, K. and O Munck. The relationship between maximal sugar uptake and glucose tolerance/insulin response ratio in normal young men. *Horm. Metab. Res.* 11: 424–427, 1979.
220. Pollock, ML, C Foster, et al. Effect of age and training on aerobic capacity and body composition of master athletes. *J. Appl. Physiol.* 62: 725–731, 1987.
221. Rogers, MA, C Yamamoto, et al. Improvement in glucose tolerance after one week of exercise in patients with mild NIDDM. *Diabetes Care*. 11: 613–618, 1988.
222. Devlin, JT. Effects of exercise on insulin sensitivity in humans. *Diabetes Care*. 15 (Suppl 4): 1690–1693, 1992.

223. Laws, A and GM Reaven. Physical activity, glucose tolerance and diabetes in older adults. *Annals of Behav. Med.* 13: 125-132, 1991.
224. Fiatarone, MA and WJ Evans. Exercise in the oldest old. *Topics in Geriatric Rehabilitation* 5(2): 63-77, 1990.
225. Fleg, JL and EG Lakatta. Role of muscle loss in the age-reduction in maximal oxygen consumption. *J. Appl. Physiol.* 65: 1147-1151, 1988.
226. 西田友厚, 亀井 泉, 他: 糖尿病患者の運動療法—運動の種類は何が適切か。臨床スポーツ医学 10 (1): 88-91, 1993。
227. Sato, Y, Hayamizu, S, et al. Improved insulin sensitivity in carbohydrate and lipid metabolism after physical training. *Int. J. Sports Med.* 7: 307-310, 1986.
228. Haskell, WL, HJ Montoye and D Orenstein. Physical activity and exercise to achieve health-related fitness components. *Pub. Health Rep.* 100: 202-212, 1985.
229. Harris, SS, CJ Caspersen, et al. Physical activity counseling for healthy adults as primary preventive intervention in the clinical setting. *JAMA* 261: 3590-3598, 1989.
230. Hoerberigs, JH. Factors related to the incidence of running injuries. A Review, *Sports Med.* 13: 408-422, 1992.
231. Hofstetter, CR, MF Hovell, et al. Illness, injury, and correlates of aerobic exercise and walking: Community study, *Res Q. Exerc. Sport.* 62: 1-9, 1991.
232. Dishman, RK. Determinants of participation in physical activity. In: Bouchard, C, ed. *Exercise, Fitness and Health: A Consensus of Current Knowledge.* Champaign, IL: Human Kinetics Books, 1990: 75-101.
233. Thomas, TR and BR Londeree. Energy cost during prolonged walking vs jogging exercise. *Phys. Sports Med.* 17 (5): 93-102, 1989.
234. Superko, HR. Exercise training, serum lipids, and lipoprotein particles: is there a change threshold? *Med. Sci. Sports Exerc.* 23: 677-685, 1991.
235. 笹川スポーツ財団: 「スポーツライフ・データ」。現代日本のスポーツ状況。Trim Japan 60: 2-10, 1999。
236. Exercise walking remains American's favorite participant sport, according to NSGA study. *Natl. Sporting Goods Assic. Res. News.* Mt Prospect, Ill.: National Sporting Goods Association; April, 1993.
237. Murphy, MH and AE Hardman. Training effects of short and long bouts of brisk walking in sedentary women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30: 152-157, 1998.